

ТРАНСПОРТ МИР

• ТЕОРИЯ • ИСТОРИЯ
• КОНСТРУИРОВАНИЕ БУДУЩЕГО

4 2014
(53)

Учредитель:

**Московский
государственный
университет путей
сообщения (МИИТ)**

Редакционный совет:

Б. А. Лёвин – доктор технических наук, профессор МИИТ – председатель совета

Б. В. Гусев – член-корреспондент РАН – заместитель председателя совета

В. И. Галахов – доктор технических наук, профессор МИИТ – ответственный секретарь совета

И. С. Беседин – кандидат технических наук

Ф. С. Гоманков – кандидат технических наук, профессор МИИТ

А. А. Горбунов – доктор политических наук, профессор МИИТ

Н. А. Духно – доктор юридических наук, профессор МИИТ

Д. Г. Евсеев – доктор технических наук, профессор МИИТ

Л. А. Карпов – кандидат технических наук, профессор МИИТ

В. И. Колесников – академик РАН, профессор Ростовского государственного университета путей сообщения

К. Л. Комаров – доктор технических наук, профессор Сибирского государственного университета путей сообщения

Б. М. Лапидус – доктор экономических наук, профессор

В. П. Мальцев – доктор технических наук, профессор МИИТ

Л. Б. Миротин – доктор технических наук, профессор Московского автомобильного государственного технического университета (МАДИ)

Н. П. Терёшина – доктор экономических наук, профессор МИИТ

СОДЕРЖАНИЕ

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

Александр КОГАН, Ирина ПОЛЕЩУК

Оценка вибрации пути при высоких скоростях движения . . . 6

Юрий ЧЕРНОВ, Максим ГАВРИЛОВ

Многопроводные тяговые сети переменного тока 16

Марина ЗОТОВА

О законе распределения вероятностей случайной величины 24

Ирина САФОНОВА, Яков ГОЛДОВСКИЙ, Борис ЖЕЛЕНКОВ

Моделирование СУБД с ограниченной циркуляцией сегментов 32

НАУКА И ТЕХНИКА

Владимир КОСТЮКОВ, Алексей ЦУРПАЛЬ

Диагностирование электромашинного преобразователя электропоезда в условиях эксплуатации 46

Виктор НАЗАРОВ

Работоспособность жестких покрытий зоны приземления самолетов 54

Алексей КУБРАК

Эксплуатационная надежность пассажирских станций . . . 60

Александр ЗОЛКИН, Роман ФИСЮРЕНКО

Конструкция электровоза с поворотной рамой 66

ЭКОНОМИКА

Ирина КАРАПЕТАНЦ, Сергей САЗОНОВ

Приоритеты китайских скоростей 76

Гаухар КЕНЖЕБАЕВА, Салтанат БАДАМБАЕВА

Мультимодальная сеть Казахстана: проектирование этапного развития 88

Владилен ТЕГИН, Борис УСМАНОВ

Краудфандинг как стратегия инвестирования в инновации . . . 98

РЕДКОЛЛЕГИЯ

Б. А. ЛЁВИН –
главный редактор

В. И. ГАЛАХОВ –
первый заместитель
главного редактора

Е. Ю. ЗАРЕЧКИН –
заместитель
главного редактора

Л. А. БАРАНОВ
М. М. БОЛОТИН
В. Н. КОТУРАНОВ

Над номером
работали:

И. А. ГЛАЗОВ –
технический редактор
Т. Г. ИВАНОВА –
художественный редактор
Н. К. ОЛЕЙНИК –
технический редактор
М. В. МАСЛОВА –
английский перевод

Адрес редакции:
127994, г. Москва,
ул. Образцова, д. 9, стр. 9.
Тел.: (495) 684 2877

Журнал выходит 6 раз в год.
Цена свободная.

Подписной индекс
в Каталоге *Роспечати*
«Газеты. Журналы» – 80812;
в Каталоге научно-технической
информации «Роспечати» –
60790.

Журнал зарегистрирован
в Министерстве Российской
Федерации по делам печати,
телерадиовещания и средств
массовых коммуникаций
20 декабря 2002 г.
Регистрационный номер
ПИ № 77–14165

Отпечатано в КМУ МКЖТ (МИИТ)
Тираж 1000 экз

Ознакомиться с содержанием
вышедших номеров «Мира
транспорта» и «Соискателя» можно
на сайте научной электронной
библиотеки eLibrary.ru, а с условиями
публикаций в журналах –
на web-сайте Московского
государственного университета
путей сообщения (МИИТ) по адресу:
<http://www.mii.ru>.

**Журнал включен
в Российский индекс
научного цитирования.**

При перепечатке ссылка
на журнал «Мир транспорта»
обязательна.
© «Мир транспорта», 2014

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

*Константин КОМАРОВ, Валерия ЗЫКОВА,
Мария КУЗЬМИЦКАЯ*

Планирование развития дорожной сети
на основе кластерного анализа 108

Леонид МИРОТИН, Евгений ЛЕБЕДЕВ, Михаил ЛЕВИЦКИЙ
Интеграция транспортных коммуникаций региона 118

*Сергей ВАКУЛЕНКО, Виктор ДОЕНИН,
Надежда ЕВРЕЕНОВА*
Моделирование пассажиропотоков в ТПУ 124

Виталий ОРЛОВ
«Городская электричка». Пора поговорить? 132

ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ

*Валентин ВИНОГРАДОВ, Людмила КОЧНЕВА,
Ольга ПЛАТОНОВА*
О повышении качества математических знаний 142

*Оксана В. АРХАНГЕЛЬСКАЯ, Владимир ГЛАЗКОВ,
Оксана А. АРХАНГЕЛЬСКАЯ*
Компетенции руководителей при
управлении персоналом 148

Наталья ВОРОНЦОВА
Символика вуза в восприятии студентов 154

КОЛЕСО ИСТОРИИ

Михаил БОЛОТИН, Сергей АНДРИЯНОВ
Методология исследования истории
транспортной техники 160

Владимир ГОНЧАР
Зубоврачевание на транспорте: сто лет назад 170

Фердинанд фон ХОХШТЕТТЕР
Железнодорожный вопрос Средней и Малой Азии 182

КНИЖНАЯ ЛОЦИЯ

Ирина РАХИМЯНОВА
Принципы сохраняются – средства меняются 186

Авторефераты диссертаций 191

Новые книги о транспорте 193

Фото на обложке: <http://www.raillynews.com/wp-content/uploads/China-Opens-Longest-High-Speed-Rail-Line.jpg>

**MIR TRANSPORTA
JOURNAL (MT)**

(World of Transport and
Transportation Journal)

**Founded in 2003
by Moscow State
University of Railway
Engineering (MIIT)**

Editorial council:

Boris A. Lievin, D. Sc. (Tech),
professor of Moscow State
University of Railway Engineering,
chairman

Boris V. Gusev, corresponding
member of the Russian Academy
of Sciences, deputy chairman

Valentine I. Galahov, D. Sc.
(Tech), professor of Moscow
State University of Railway
Engineering, executive secretary

Ivan S. Besedin, Ph.D. (Tech)

Fedor S. Gomankov, Ph.D.
(Tech), professor of Moscow
State University of Railway
Engineering

Alexander A. Gorbunov, D. Sc.
(Pol), professor of Moscow State
University of Railway Engineering

Nickolay A. Duhno, LL.D.,
professor of Moscow State
University of Railway Engineering

Dmitry G. Evseev, D. Sc. (Tech),
professor of Moscow State
University of Railway Engineering

Leonid A. Karpov, Ph.D. (Tech),
professor of Moscow State
University of Railway Engineering

Vladimir I. Kolesnikov, member
of the Russian Academy of
Sciences, professor of Rostov
State University of Railway
Engineering

Constantine L. Komarov, D. Sc.
(Tech), professor of Siberian
State University of Railway
Engineering

Boris M. Lapidus, D. Sc. (Econ),
professor

Valery P. Maltsev, D. Sc. (Tech),
professor of Moscow State
University of Railway Engineering

Leonid B. Mirotin, D. Sc. (Tech),
professor of Moscow State
Automobile and Road Technical
University

Natalia P. Tereshina, D. Sc.
(Econ), professor of Moscow
State University of Railway
Engineering



**•THEORY •HISTORY
•ENGINEERING
OF THE FUTURE**

4 2014
(53)

CONTENTS

THEORY

- Alexander Ya. KOGAN, Irina V. POLESHCHUK*
Evaluation of Track's Vibration at High Speed 6
- Yuri A. CHERNOV, Maxim S. GAVRILOV*
Multiwire AC Electric Traction Networks 16
- Marina A. ZOTOVA*
On the Law of Probability Distribution of a Random Variable . . 24
- Irina E. SAFONOVA, Yakov M. GOLDOVSKIY,
Boris V. ZHELENKOV*
Simulation System of Network Database Management
System with Limited Circulation of Segments 32

SCIENCE AND ENGINEERING

- Vladimir N. KOSTYUKOV, Alexey E. TSURPAL*
Diagnosing the Rotary Converter of Electric
Train under Operation Conditions 46
- Viktor V. NAZAROV*
Performance of Rigid Pavement in Planes' Landing Area 54
- Alexey A. KUBRAK*
Operational Reliability of Passenger Stations 60
- Alexander L. ZOLKIN, Roman V. FISYURENKO*
Design of an Electric Locomotive
with a Rotating Frame 66

ECONOMICS

- Irina V. KARAPETYANTS, Sergey L. SAZONOV*
Priorities of Chinese Speeds 76
- Gaukhar Z. KENZHEBAYEVA, Saltanat E. BADAMBAYEVA*
Multimodal Network of Kazakhstan: Design
of a Staged Development 88
- Vladilen A. TEGIN, Boris F. USMANOV*
Crowd Funding as a Strategy of Investment in Innovation 98

MANAGEMENT AND ADMINISTRATION

- Constantine L. KOMAROV, Valeria Yu. ZYKOVA,
Maria A. KUZMITSKAYA*
Planning of Development of Road Network
based on Cluster Analysis. 108

Editorial board

Boris A. Lievin, editor-in-chief

Valentine I. Galahov, first deputy editor-in-chief

Evgeny Yu. Zarechkin, deputy editor-in-chief

Leonid A. Baranov

Mikhail M. Bolotin

Vladimir N. Koturanov

Editorial staff

Ivan A. Glazov, technical editor

Tatiana G. Ivanova, layout editor

Natalia C. Oleynik, editorial secretary

Maria V. Maslova, translator

Published quarterly since 2003,
Bimonthly since 2013.

Circulation of the current issue is 1000 copies; the journal is distributed by subscription and delivered to technical and transport universities of Russia, East European and Central Asian countries, national and regional technical libraries, government and public bodies, transport companies.

Information for the authors and editorial politics are available at the information resources page of the Web site of MIIT University at <http://miit.ru>.

The open accessed full texts of the articles (in Russian) as well as the abstracts and key information in English are available at the Web site of the Russian scientific electronic library at <http://elibrary.ru> (upon free registration).

The journal is part of Russian scientific citation index system.

Address for your mail: MIIT,
Redaktsiya journala Mir
Transporta, ul. Obrazcova, d.9,
str.9, Moscow, 127994, Russia.

E-mail: mirtr@mail.ru,
MTavtor@mail.ru or
wtjournal@gmail.com

© Mir Transporta Journal

© English translation

© 2014. All rights reserved. Any reproduction in whole or in part on any medium or use of English translation of the articles contained herein is prohibited for commercial use without the prior written consent of Mir Transporta Journal.

Leonid B. MIROTIN, Evgeny A. LEBEDEV, Mikhail O. LEVITSKY
Integration of Regional Transport Communications 118

*Sergey P. VAKULENKO, Viktor V. DOENIN,
Nadezhda Yu. EVREENOVA*
Simulation of Passenger Flows
in Transport Interchange Hubs 124

Vitaly A. ORLOV
«Urban Train»: is it Time to Talk? 132

EDUCATION, TRAINING AND PERSONNEL

*Valentine V. VINOGRADOV, Lyudmila F. KOCHNEVA,
Olga A. PLATONOVA*
On Improving the Quality of Mathematical Knowledge 142

*Oksana V. ARKHANGELSKAYA, Vladimir N. GLAZKOV,
Oksana A. ARKHANGELSKAYA*
Competence of Corporate Managers
in the Sphere of HRM 148

Natalia N. VORONTSOVA
Symbols of a University in the Perception of Students. 154

HISTORY'S WHEEL

Mikhail M. BOLOTIN, Sergey S. ANDRIYANOV
Methodology of the Study
of Transport Machinery History 160

Vladimir V. GONCHAR
Transport Dentistry: a Hundred Years Ago 170

Ferdinand von HOCHSTETTER
Railway Issue of Central Asia and Minor Asia 182

BIBLIO-DIRECTIONS

Irina A. RAKHIMYANOVA
The Tools are changing, while
Fundamentals are Unchangeable 186

Selected abstracts of D.Sc. and Ph.D. theses 191

Selected list of new books
on transport and transportation. 193

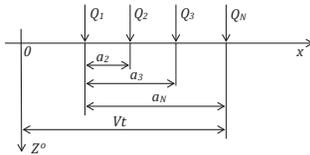
Every article in the journal is followed by English version that contains titles, information on the authors, their contacts, key words, references, and abstracts, as well as summary which represents full or very slightly abridged and structured translation of Russian version. In rare cases the formulae, pictures, tables, charts are not reproduced in English version and you have to consult Russian version following the relevant references in English version.

T

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ • THEORY

ВИБРАЦИЯ 6

До и после условно критической скорости.

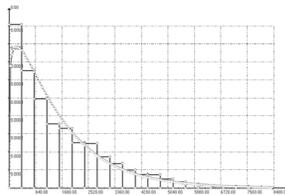


МЕТОД РАСЧЕТА 16

Формулы для многопроводной тяговой сети.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТЕЙ 24

Когда время реакции – случайная величина.



МОДЕЛИРОВАНИЕ 32

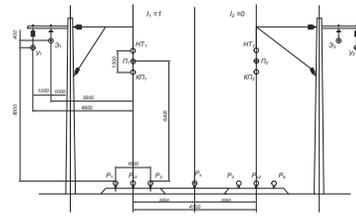
Система с циркуляцией сегментов.

VIBRATION 6

Under and above critical velocity.

COMPUTATION METHOD 16

Formulas for multiwire traction power network.

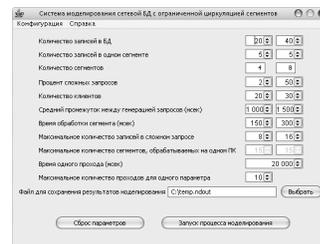


PROBABILITY DISTRIBUTION 24

Reaction time as random value.

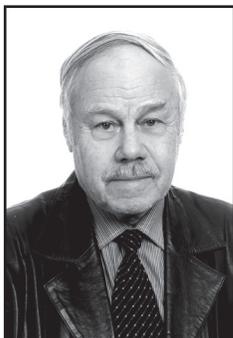
SIMULATION 32

System with circulation of segments.





Оценка вибрации пути при высоких скоростях движения



Александр КОГАН
Alexander Ya. KOGAN

Ирина ПОЛЕЩУК
Irina V. POLESHCHUK



Коган Александр Яковлевич — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник отделения «Путь и путевое хозяйство» ОАО «ВНИИЖТ», Москва, Россия.

Полещук Ирина Васильевна — кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей» Российской открытой академии транспорта Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

Авторами предложен аналитический метод оценки уровня вибрации пути и, в частности, виброускорений шпалы при прохождении поезда со скоростями свыше 500 км/ч. В расчетной схеме учтено демпфирование пути как бесконечной балки на упругом основании. Приведены алгоритм и результаты численного расчета вибраций при скоростях движения экипажа в зоне условно-критической скорости (когда в модели, не учитывающей рассеяния энергии в пути, прогнозируется возникновение колебаний неограниченно большой амплитуды). Показано, что при движении поезда со скоростью, равной условно-критической – порядка 500-600 км/ч, вибрации достигают максимума во всем частотном диапазоне. Решения получены для широкого спектра частот от 16 до 32000 Гц в двенадцати октавных полосах в децибельной шкале.

Ключевые слова: железная дорога, вибрация шпалы, высокоскоростные поезда, критическая скорость, октавы частот, спектральные плотности, децибелы, аналитический метод, численный расчет, критерий Гурвица, преобразования Фурье.

Скорости движения высокоскоростного транспорта непрерывно увеличиваются. Если сравнительно недавно 300–350 км/ч выглядели весьма высокими, то сейчас ставится вопрос о том, чтобы достичь на российских железных дорогах уровня 400–450 км/ч. В связи с этим возникает задача оценки вибрации пути при таких и более скоростях.

Проблемам аналитической оценки уровня вибрации пути под проходящими поездами, сформированными из однотипных экипажей, посвящена статья [1]. В ней при определении формы кривой изгиба рельса использовалась модель, в которой с целью упрощения решения не учитывалось рассеяние энергии. Решения, получаемые в этом случае, являются достаточно точными при скоростях движения экипажей до 300–350 км/ч. При скоростях свыше 500 км/ч и пренебрежении демпфированием система может стать неустойчивой, а решения становятся неограниченными. Фактически энергия в системе всегда рассеивается. При этом вблизи скорости, критической в случае отсутствия демпфирования (условно критической), следует ожидать повышенных динамических эффектов.

Известно, что во Франции на высокоскоростной линии была реализована скорость движения 574 км/ч, которая, по нашим оценкам, превышает условно-критическую.

В общем случае с учетом демпфирования прогиб неподвижной точки рельса при проходе через сечение пути единичной вертикальной силы $Q = 1$ со скоростью V описывается дифференциальным уравнением [2]:

$$EI_y^o \frac{d^4 Z_p^o}{du^4} + (N^o + m_z^o V^2) \frac{d^2 Z_p^o}{du^2} - f_z^o V \frac{dZ_p^o}{du} + U_z^o Z_p^o = 0, \quad (1)$$

которое справедливо везде, кроме точки приложения силы $Q = 1$, где терпит разрыв третья производная от вертикального прогиба рельса.

В формуле (1) введены следующие обозначения:

E – модуль упругости рельсовой стали;

I_y^o – момент инерции рельса относительно главной поперечной горизонтальной оси y ;

Z_p^o – вертикальный прогиб рельса;

u – расстояние движущейся силы от рассматриваемого неподвижного сечения рельса;

N^o – продольная сила в рельсе;

m_z^o – распределенная по длине приведенная масса рельса и основания при вертикальных колебаниях пути;

f_z^o – распределенное по длине демпфирование пути при вертикальных колебаниях;

U_z^o – модуль упругости подрельсового основания в вертикальной плоскости.

Характеристическое уравнение дифференциального уравнения (1) получает вид:

$r^4 + \frac{N^o + m_z^o V^2}{EI_y^o} r^2 - \frac{f_z^o V}{EI_y^o} r + \frac{U_z^o}{EI_y^o} = 0.$ (2)

Так как все коэффициенты уравнения (2) действительны, оно имеет две пары комплексно-сопряженных корней $r_1 = \bar{r}_3, r_2 = \bar{r}_4$. Применяя критерий Гурвица

к уравнению (2), можно доказать, что два его корня представляют собой отрицательную действительную часть, а два других – положительную.

Примем для определенности

$$Re r_1 < 0; Re r_3 < 0; Re r_2 > 0; Re r_4 > 0.$$

В сечении под движущейся силой прогиб рельса, угол поворота сечения и изгибающий момент являются непрерывными функциями абсциссы u , а поперечная сила претерпевает разрыв со скачком, равным внешней единичной силе $Q = 1$. С учетом этих граничных условий решение уравнения (1) примет вид

$$Z_p^o(u) = \begin{cases} A_{11} e^{-\alpha_1 u} \sin \beta_1 u + A_{12} e^{-\alpha_1 u} \cos \beta_1 u \\ n p u u \geq 0; \\ A_{21} e^{\alpha_2 u} \sin \beta_2 u + A_{22} e^{\alpha_2 u} \cos \beta_2 u \\ n p u u \leq 0, \end{cases} \quad (3)$$

где

$$\alpha_1 = |Re r_1|; \alpha_2 = |Re r_2|; \beta_1 = |Im r_1|; \beta_2 = |Im r_2|.$$

Коэффициенты A_{ij} ($i, j = 1, 2$) определяются так:

$$A_{11} = \frac{1}{EI_y^o \beta_1} \cdot \frac{C}{C^2 + D^2}; A_{12} = \frac{1}{EI_y^o \beta_1} \cdot \frac{D}{C^2 + D^2};$$

$$A_{21} = -\frac{1}{EI_y^o \beta_2} \cdot \frac{F}{F^2 + G^2}; A_{22} = \frac{1}{EI_y^o \beta_2} \cdot \frac{G}{F^2 + G^2};$$

$$C = (\alpha_1 + \alpha_2)^2 - \beta_1^2 + \beta_2^2; \quad D = -2\beta_1(\alpha_1 + \alpha_2);$$

$$F = (\alpha_1 + \alpha_2)^2 - \beta_2^2 + \beta_1^2; \quad G = 2\beta_2(\alpha_1 + \alpha_2).$$

Если в момент времени $t = 0$ движущаяся единичная сила $Q = 1$ находится в сечении над рассматриваемой шпалой, прогиб рельса в этом сечении в момент времени t определяется следующим выражением:

$$Z_p^o(t) = \begin{cases} -A_{11} e^{\alpha_1 V t} \sin \beta_1 V t + A_{12} e^{\alpha_1 V t} \cos \beta_1 V t \\ n p u t \leq 0; \\ -A_{21} e^{-\alpha_2 V t} \sin \beta_2 V t + A_{22} e^{-\alpha_2 V t} \cos \beta_2 V t \\ n p u t \geq 0. \end{cases} \quad (4)$$

Здесь использовалось очевидное соотношение $u = -Vt$. В частном случае при отсутствии рассеяния энергии в системе ($f_z^o = 0$) характеристическое уравнение (2)





вырождается в биквадратное. Тогда прогиб неподвижной точки рельса при проходе единичной вертикальной силы $Q = 1$ определяется выражением:

$$Z_p^o(t) = \frac{\exp\{-\alpha V|t|\}}{4EI_y^o(\alpha^2 + \beta^2)\alpha\beta} \cdot (\alpha \sin \beta V|t| + \beta \cos \alpha Vt), \tag{5}$$

где

$$\alpha = \sqrt{\frac{U_z^o}{4EI_y^o} - \frac{N^o + m_z^o V^2}{4EI_y^o}};$$

$$\beta = \sqrt{\frac{U_z^o}{4EI_y^o} + \frac{N^o + m_z^o V^2}{4EI_y^o}}.$$

Вибрации пути при прогибе рельса под действием единичной силы $Q = 1$ рассмотрены в статье [1]. Как уже указывалось, решения, получаемые с использованием формулы (5), являются достаточно точными при скоростях экипажей до 300–350 км/ч.

При больших скоростях движения необходимо учитывать то, что при отсутствии демпфирования в системе ($f_z^o = 0$) и скорости

$$V = \sqrt{\frac{1}{m_z^o} (2\sqrt{EI_y^o U_z^o} - N^o)}$$

система становится неустойчивой.

Действительно, в этом случае имеем $\alpha=0$, и решение (5) приобретает неограниченный характер.

Определим спектр Фурье функции (4). В отличие от функции (5) она несимметрична относительно точки $t = 0$. Это обстоятельство дает спектру Фурье комплексность, он включает не только косинус-преобразование, но и синус-преобразование Фурье функции (4).

Вычислим сначала косинус-преобразование Фурье функции (4). Очевидно, будем иметь

$$\begin{aligned} \Phi_{zc}(\omega) = & -A_{11} \int_{-\infty}^0 e^{\alpha_1 V t} \sin \beta_1 V t \cos \omega t dt - \\ & + A_{12} \int_{-\infty}^0 e^{\alpha_1 V t} \cos \beta_1 V t \cos \omega t dt - \\ & - A_{21} \int_0^{\infty} e^{-\alpha_2 V t} \sin \beta_2 V t \cos \omega t dt + \\ & + A_{22} \int_0^{\infty} e^{-\alpha_2 V t} \cos \beta_2 V t \cos \omega t dt. \end{aligned}$$

Меняя в первом и втором интегралах переменную t на $-t$ и произведя интегрирование, получим следующий результат:

$$\begin{aligned} \Phi_{zc}(\omega) = & \left\{ \frac{\beta_1 V + \omega}{2} [\alpha_1^2 V^2 + (\beta_1 V + \omega)^2]^{-1} + \right. \\ & \left. + \frac{\beta_1 V - \omega}{2} [\alpha_1^2 V^2 + (\beta_1 V - \omega)^2]^{-1} \right\} A_{11} + \\ & + \frac{\alpha_1 V}{2} \left\{ [\alpha_1^2 V^2 + (\beta_1 V + \omega)^2]^{-1} + \right. \\ & \left. + [\alpha_1^2 V^2 + (\beta_1 V - \omega)^2]^{-1} \right\} A_{12} - \\ & - \left\{ \frac{\beta_2 V + \omega}{2} [\alpha_2^2 V^2 + (\beta_2 V + \omega)^2]^{-1} + \right. \\ & \left. + \frac{\beta_2 V - \omega}{2} [\alpha_2^2 V^2 + (\beta_2 V - \omega)^2]^{-1} \right\} A_{21} + \\ & + \frac{\alpha_2 V}{2} \left\{ [\alpha_2^2 V^2 + (\beta_2 V - \omega)^2]^{-1} + \right. \\ & \left. + [\alpha_2^2 V^2 + (\beta_2 V + \omega)^2]^{-1} \right\} A_{22}. \tag{6} \end{aligned}$$

Вычислим теперь синус-преобразование Фурье функции (4):

$$\begin{aligned} \Phi_{zs}(\omega) = & -A_{11} \int_{-\infty}^0 e^{\alpha_1 V t} \sin \beta_1 V t \sin \omega t dt \\ & + A_{12} \int_{-\infty}^0 e^{\alpha_1 V t} \cos \beta_1 V t \sin \omega t dt - \\ & - A_{21} \int_0^{\infty} e^{-\alpha_2 V t} \sin \beta_2 V t \sin \omega t dt + \\ & + A_{22} \int_0^{\infty} e^{-\alpha_2 V t} \cos \beta_2 V t \sin \omega t dt. \end{aligned}$$

Меняя в первом и втором интегралах t на $-t$ и произведя интегрирование, получим:

$$\begin{aligned} \Phi_{zs}(\omega) = & -\frac{\alpha_1 V}{2} \left\{ [\alpha_1^2 V^2 + (\beta_1 V - \omega)^2]^{-1} - \right. \\ & \left. - [\alpha_1^2 V^2 + (\beta_1 V + \omega)^2]^{-1} \right\} A_{11} - \\ & - \left\{ \frac{\beta_1 V + \omega}{2} [\alpha_1^2 V^2 + (\beta_1 V + \omega)^2]^{-1} - \right. \\ & \left. - \frac{\beta_1 V - \omega}{2} [\alpha_1^2 V^2 + (\beta_1 V - \omega)^2]^{-1} \right\} A_{12} - \\ & - \frac{\alpha_2 V}{2} \left\{ [\alpha_2^2 V^2 + (\beta_2 V - \omega)^2]^{-1} - \right. \\ & \left. - [\alpha_2^2 V^2 + (\beta_2 V + \omega)^2]^{-1} \right\} A_{21} + \end{aligned}$$

$$+ \left\{ \begin{array}{l} \frac{\beta_2 V + \omega}{2} [\alpha_2^2 V^2 + (\beta_2 V + \omega)^2]^{-1} - \\ - \frac{\beta_2 V - \omega}{2} [\alpha_2^2 V^2 + (\beta_2 V - \omega)^2]^{-1} \end{array} \right\} A_{22}. \quad (7)$$

Комплексный спектр Фурье функции (4) имеет вид

$$\Phi_z(\omega) = \Phi_{zc}(\omega) + i\Phi_{zs}(\omega), \quad (8)$$

где $i = \sqrt{-1}$ – мнимая единица.

Определим плотность спектра квадрата процесса $Z_p^o(t)$, возникающего в пути при проходе случайной силы $Q(t)$, средний квадрат которой

$$Q^2 = \bar{Q}^2 + \sigma_Q^2, \quad (9)$$

где \bar{Q} – среднее значение силы $Q(t)$; σ_Q – среднеквадратическое отклонение значения силы от среднего значения \bar{Q} .

Параметры \bar{Q} и σ_Q могут быть определены при рассмотрении процессов в подвижной, связанной с экипажем системе координат [1].

С учетом формул (8) и (9) спектральная плотность квадрата прогибов рельса сводится к выражению

$$S_z^o(\omega) = \langle Q^2 \rangle \Phi_z(\omega) \bar{\Phi}_z(\omega) = \langle Q^2 \rangle (\Phi_{zc}^2(\omega) + \Phi_{zs}^2(\omega)), \quad (10)$$

где $\bar{\Phi}_z(\omega)$ – функция, комплексно-сопряженная с функцией $\Phi_z(\omega)$.

В выражении (10) величина Q^2 находится формулой (9), а функции $\Phi_{zc}(\omega)$ и $\Phi_{zs}(\omega)$ – формулами (6) и (7).

Примем, что при проходе экипажа через фиксированное сечение пути все его оси передают на рельсы вертикальные силы с одними и теми же статистическими характеристиками:

$$Q = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N Q_j; \quad \sigma_Q^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sigma_{Q_j}^2, \quad (11)$$

где j – номер оси экипажа; N – общее количество осей в экипаже.

В рассматриваемом случае прогиб рельса определяется суммой прогибов от отдельных сил, сдвинутых по фазе по отношению к первой по ходу движения колесной паре (рис. 1).

На рис. 1 величина x – абсцисса текущего сечения рельса, отсчитываемая

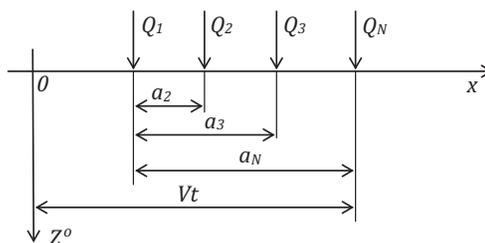


Рис. 1. Схема движения по рельсу группы осей экипажа.

от начала неподвижной системы координат.

В области частот сдвиг осуществляется оператором:

$$W(i\omega) = \sum_{j=1}^N \exp\left\{i\omega \frac{a_j - a_N}{V}\right\}, \quad a_1 = 0. \quad (12)$$

С учетом (12) плотность спектра квадрата процесса $Z_p^o(t)$ при прохождении через

сечение рельса одиночного экипажа

$$S_z^*(\omega) = W(i\omega) \bar{W}(i\omega) S_y^o(\omega), \quad (13)$$

где $\bar{W}(i\omega)$ – частотная характеристика, комплексно сопряженная с частотной характеристикой $W(i\omega)$.

Если через сечение пути проходит цепочка экипажей, плотность спектра квадрата процесса $Z_p^o(t)$ прогибов рельса под поездом может быть определена как суперпозиция спектров прогибов рельса, вызываемая проходом одного экипажа со сдвигами jT_0 , где T_0 – период прохождения экипажем пути, равного его длине l :

$$T_0 = \frac{l}{V}. \quad (14)$$

Номер j меняется от $-M$ до $+M$ при $M \rightarrow \infty$.

Проведя соответствующие преобразования [1], получим следующее выражение для спектральной плотности процесса прогибов рельса под поездом, сформированным из однотипных экипажей:

$$S_z(\omega) = S_z^*(\omega) \omega_0 \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(\omega - n\omega_0), \quad (15)$$

где $\delta(\omega)$ – дельта-функция Дирака;

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi V}{l}. \quad (16)$$

Имея выражение (15), можно найти средний квадрат процесса $Z_p^o(t)$:

$$\langle Z_p^{o2}(t) \rangle = \int_0^{\infty} S_z(\omega) d\omega. \quad (17)$$





Подставляя в (17) выражение (15) и учитывая свойства дельта-функции, получим:

$$\langle Z_p^{o2}(t) \rangle = \sum_{n=1}^{\infty} d_n^2, \quad (18)$$

где d_n^2 – дисперсия процесса $Z_p^o(t)$, приходящаяся на гармонику n .

Коэффициенты d_n^2 определяются так:

$$d_n^2 = 2\omega_0 S_z^*(n\omega_0). \quad (19)$$

Эти коэффициенты полностью отражают динамику подрельсового основания при проходе по пути поезда, сформированного из однотипных экипажей.

Дисперсия виброускорений шпалы, приходящаяся на гармонику n , запишется в виде [1]:

$$d_{z_{шп}}^2 = \omega_0^4 n^4 d_n^2 \left| W_{z_{шп}}^{z_p}(i\omega_0) \right|^2, \quad (20)$$

где $W_{z_{шп}}^{z_p}(i\omega)$ – частотная характеристика системы с входом по прогибу рельса $Z_p^o(t)$ и выходом по прогибу шпалы $Z_{шп}^o(t)$.

Частотную характеристику $W_{z_{шп}}^{z_p}(i\omega)$

находим с помощью выражения [1]:

$$W_{z_{шп}}^{z_p}(i\omega) = \frac{C_c}{-\omega^2 M_{шп} + i\omega f_{шп} + C_{шп} + C_c}, \quad (21)$$

где C_c – жесткость узла скрепления;

$C_{шп}$ – жесткость подшпального основания;

$M_{шп}$ – половина массы шпалы;

$f_{шп}$ – демпфирование подшпального основания.

Уровень виброускорений шпалы будем определять в октавных полосах в диапазоне частот

$$16 < n\omega_0 < 32000. \quad (22)$$

Выбор октав зависит от скорости движения экипажа, поскольку частота основного тона колебаний ω_0 характеризуется равенством (16).

Номер гармоники, соответствующей наименьшей из рассматриваемых частот:

$$n_1 = \left\lceil \frac{16}{\omega_0} + 1 \right\rceil, \quad (23)$$

где $\lceil \cdot \rceil$ – знак целой части дроби, стоящей за этим знаком.

Можно видеть, что величина n_1 одновременно является номером $n^{(1)}$ первой гармоники первой из октавных полос ча-

стот $16 < \omega < 32$, а величина $n^{(1)}$ – первым членом геометрической прогрессии

$$n^{(m)} = n^{(1)} \cdot 2^{m-1}, \quad (24)$$

где $n^{(m)}$ – номер первой гармоники октавной полосы m .

Всего в рассматриваемой задаче 11 октавных полос.

Виброускорения шпал в октавной полосе частот будем выражать в логарифмических единицах относительно ускорения силы тяжести $g = 9,81 \text{ м/с}^2$:

$$L \left[\sum_{n=n^{(m)}}^{n=n^{(m+1)}-1} d_{z_{шп}^n}^2 \right] = 10 \lg \left[\frac{1}{g^2} \sum_{n=n^{(m)}}^{n=n^{(m+1)}-1} d_{z_{шп}^n}^2 \right]. \quad (25)$$

В выражении (25) величина $d_{z_{шп}^n}^2$ опре-

деляется формулой (20). Величина

$$\sum_{n=n^{(m)}}^{n=n^{(m+1)}-1} d_{z_{шп}^n}^2$$

представляет собой сумму дисперсий всех гармоник, содержащихся в октавной полосе частот m .

Ниже приведены некоторые результаты расчетов вибраций пути под воздействием высокоскоростного поезда. В связи с тем, что нам неизвестны его параметры при движении со скоростями 400 км/ч и более, а также параметры конструкции верхнего строения пути при пропуске такого поезда, расчеты произведены при параметрах поезда «Сапсан» и конструкции пути с балластом и железобетонными шпалами.

В расчетной схеме принимается, что поезд сформирован из вагонов, количество которых не ограничено.

В качестве исходных параметров экипажа приняты:

- база тележки $b_T = 2,6 \text{ м}$;
- база вагона $b_B = 17,375 \text{ м}$;
- длина вагона по автосцепкам (среднего в поезде) $l = 24,175 \text{ м}$.

Параметры, необходимые для расчета величин дисперсий d_n^2 , (рис. 1):

$$a_1 = 0; a_2 = b_T = 2,6 \text{ м}; a_3 = b_B = 17,375 \text{ м}; a_4 = b_B + b_T = 19,975 \text{ м}.$$

Среднее значение силы, передаваемой от колеса на рельс:

$$\langle Q \rangle = 90 \text{ кН}, j = 1, 2, 3, 4.$$

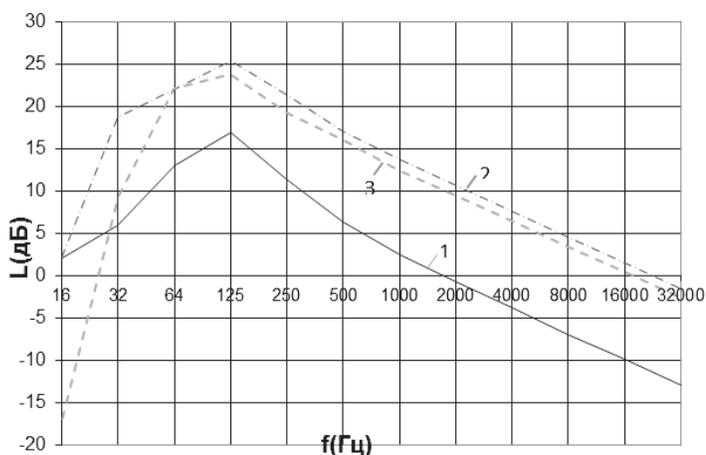


Рис. 2. Уровни виброускорений шпалы при продольной силе $N_0=106\text{Н}$ и демпфировании $f_z^0 = 4,5 \cdot 10^4 \text{ Па}\cdot\text{с}$; (1 – скорость 300 км/ч; 2 – скорость 554 км/ч; 3 – скорость 700 км/ч).

Среднеквадратическое отклонение значения силы от среднего $\sigma_{O_1} = 14 \text{ кН}$.

В качестве исходных параметров пути приняты:

- модуль упругости подрельсового основания $U_z^0 = 100 \text{ Мпа}$;

- момент инерции рельса относительно главной поперечной горизонтальной оси $I_y^0 = 3,54 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4$;

- модуль упругости рельсовой стали $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ Мпа}$;

- распределенная по длине приведенная масса рельса и подрельсового основания $m_z^0 = 1013 \text{ кг/м}$;

- распределенное по длине демпфирование пути при вертикальных колебаниях $f_z^0 = 4,5 \cdot 10^4 \text{ Па}\cdot\text{с}$;

- масса шпалы $2M_{ш} = 275 \text{ кг}$;

- жесткость узла скрепления $C_c = 9 \cdot 10^7 \text{ Н/м}$;

- жесткость подрельсового основания $C_{ш} = 3 \cdot 10^7 \text{ Н/м}$;

- демпфирование подшпального основания $f_{ш} = 10^5 \text{ Нс/м}$.

Уровень виброускорений шпал в децибелльной шкале в октавных полосах частот был рассчитан по формулам, приведенным в данной статье. Расчеты произведены при скоростях 300, 554 и 700 км/ч. Скорость 554 км/ч является условно-критической – при отсутствии демпфирования в пути ($f_{ш}^0 = 0$).

Как видно из рис. 2, при движении поезда со скоростью, равной условно-

критической ($V = 554 \text{ км/ч}$), виброускорения шпалы достигают максимума во всем частотном диапазоне колебаний пути. В частотном диапазоне 64–250 Гц уровень виброускорений шпалы доходит до 22–25 дБ.

При дальнейшем повышении скорости поезда уровень виброускорений пути снижается во всем диапазоне частот, в наибольшей степени – в диапазоне низких частот (менее 64 Гц).

ВЫВОДЫ

1. В статье приведен алгоритм и результаты численного расчета вибраций пути при скоростях движения экипажа в зоне условно-критической скорости (когда в модели, не учитывающей рассеяние энергии в пути, прогнозируется возникновение колебаний неограниченно большой амплитуды).

2. При движении поезда со скоростью, равной условно-критической, вибрации пути достигают своего максимума во всем частотном диапазоне. Ещё больше повышение скорости предполагает снижение уровня виброускорений во всем диапазоне частот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коган А. Я. Аналитическая оценка уровня вибраций пути под проходящими поездами, сформированными из однотипных экипажей // Вестник ВНИИЖТ. – 2013. – № 3. – С. 3–9.

2. Коган А. Я., Никитин Д. А., Полещук И. В. Колебания пути при высоких скоростях движения экипажей и ударном взаимодействии колеса и рельса // Труды ВНИИЖТ. – М., 2007. – 166 с.





EVALUATION OF TRACK'S VIBRATION AT HIGH SPEED

Kogan, Alexander Ya. – D. Sc. (Tech), professor, senior researcher at the department «Track and track facilities» of «All-Russian Scientific Research Institute of Railway Transport» (JSC VNIIZhT), Moscow, Russia.

Poleshchuk, Irina V. – Ph.D. (Tech), associate professor of the department of construction of railways, bridges and tunnels of Russian Open Transport Academy within Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

ABSTRACT

This article proposes an analytical method of assessment of track's vibration level, based on the spectral decomposition of functions of sleeper deflections under the influence of passing axles of rolling stock. Train is considered to be formed from vehicles of the same type and of unlimited length. Vibrations are studied within a stable system of coordinated, related to the ground, for one sleeper during the passage of a train of unlimited length through track's cross-section. The computational scheme takes into account vibration damping of a track, considered as an infinitely long beam on a viscoelastic foundation. The algorithm and the results of numerical calculation of track's vibration are given at speeds in the area of conventionally critical speed (the speed at which the model that does not take into account energy dissipation on the way predicts vibrations of unrestricted amplitude).

It is shown that when the train's speed is equal to conditionally critical (of about 500–600 km/h), the track's vibrations reach their peak in the whole frequency range. Results are obtained for a wide frequency range from 16 to 32000 Hz in 12 octave bands in decibel scale. Methods, outlined in this article, make it possible to solve problems of accumulation of residual track's deformations, as well as give direction for solving problems associated with the vibrations of the roadbed.

ENGLISH SUMMARY

Background. Speed of high-speed transport is continuously increasing. Relatively recently speed of 300–350 km/h has been considered as very high, but now the question is how to achieve the level of 400–450 km/h on Russian railways. In this regard, the task arises to evaluate track's vibrations at such or even speeds.

Objective. The objective of the authors is to propose a new evaluation method of track's vibrations, which occur in high-speed traffic.

Methods. The authors use mathematical method, analysis and scientific description.

Results. Article [1] is devoted to problems of analytical evaluation of track's vibration level under passing trains, formed from vehicles of the same type. To determine the shape of the curve of a rail's deflection a model was used in which, to simplify the solution, energy dissipation was not taken into consideration. Solutions obtained in this case are sufficiently accurate at speeds of up to 300–350 km/h. At speeds of over 500 km/h and disregarding damping a system may become unstable, and solutions become unbounded. In fact, the energy in the system always dissipates. In the vicinity of the speed, which is critical in the absence of damping (conditionally critical), we should expect increased dynamic effects.

It is known that in France for high-speed line speed of 574 km/h was implemented, which, according to the authors, is higher than conventionally critical.

In general, with account for damping the deflection of a fixed track's point when singular vertical force $Q =$

1 passes through the cross section of a track with speed V is described by the differential equation [2]:

$$EI_y^o \frac{d^4 Z_p^o}{du^4} + (N^o + m_z^o V^2) \frac{d^2 Z_p^o}{du^2} - f_z^o V \frac{dZ_p^o}{du} + U_z^o Z_p^o = 0, \quad (1)$$

which is valid everywhere except at the point of application of force $Q = 1$, where there is discontinuity of the third derivative resulting from the vertical deflection of a rail.

In formula (1) there are following notations:

E – elasticity modulus of rail steel;

I_y^o – inertia moment of a rail with regard to the

main cross horizontal axis y ;

Z_p^o – vertical deflection of a rail;

u – distance of driving force from considered fixed cross-section of a rail;

N^o – axial force in a rail;

m_z^o – distributed along the length reduced mass of a rail and a foundation at vertical vibrations of a track;

f_z^o – distributed along the length vibration

damping of a track at vertical vibrations;

U_z^o – elasticity modulus of a rail base in the vertical plane.

The characteristic equation of the differential equation (1) takes a form:

$$r^4 + \frac{N^o + m_z^o V^2}{EI_y^o} r^2 - \frac{f_z^o V}{EI_y^o} r + \frac{U_z^o}{EI_y^o} = 0. \quad (2)$$

Since all coefficients of the equation (2) are valid, it has two pairs of complex conjugate roots $r_1 = \bar{r}_3, r_2 = \bar{r}_4$. Applying Hurwitz criterion to the equation (2), it can be proved that its two roots represent negative real part, while the other two represent positive real part.

We assume for definiteness

$$Re r_1 < 0; Re r_3 < 0; Re r_2 > 0; Re r_4 > 0.$$

In the cross-section under the driving force rail's deflection, angular deflection and bending moment are continuous functions of the abscissa u , and the shear force is discontinuous with a jump equal to the external unit force $Q = 1$. Given these boundary conditions, the solution of equation (1) takes the form

$$Z_p^o(u) = \begin{cases} A_{11} e^{-\alpha_1 u} \sin \beta_1 u + A_{12} e^{-\alpha_2 u} \cos \beta_2 u & \text{when } u \geq 0; \\ A_{21} e^{\alpha_1 u} \sin \beta_1 u + A_{22} e^{\alpha_2 u} \cos \beta_2 u & \text{when } u \leq 0, \end{cases} \quad (3)$$

where $\alpha_1 = |Re r_1|; \alpha_2 = |Re r_2|; \beta_1 = |Im r_1|; \beta_2 = |Im r_2|$.

Coefficients $A_{ij} (i, j = 1, 2)$ are determined as follows:

$$A_{11} = \frac{1}{EI_y^o \beta_1} \cdot \frac{C}{C^2 + D^2}; \quad A_{12} = \frac{1}{EI_y^o \beta_1} \cdot \frac{D}{C^2 + D^2};$$

$$A_{21} = -\frac{1}{EI_y^o \beta_2} \cdot \frac{F}{F^2 + G^2}; \quad A_{22} = \frac{1}{EI_y^o \beta_2} \cdot \frac{G}{F^2 + G^2};$$

$$C = (\alpha_1 + \alpha_2)^2 - \beta_1^2 + \beta_2^2; \quad D = -2\beta_1(\alpha_1 + \alpha_2);$$

$$F = (\alpha_1 + \alpha_2)^2 - \beta_2^2 + \beta_1^2; \quad G = 2\beta_2(\alpha_1 + \alpha_2).$$

If at time $t = 0$ driving unit force $Q = 1$ is located in cross-section over the considered cross-sleeper, rail's deflection in this cross-section at time t is determined by following expression:

$$Z_p^o(t) = \begin{cases} -A_{11}e^{\alpha_1 V t} \sin \beta_1 V t + A_{12}e^{\alpha_1 V t} \cos \beta_1 V t & \text{when } t \leq 0; \\ -A_{21}e^{-\alpha_2 V t} \sin \beta_2 V t + A_{22}e^{-\alpha_2 V t} \cos \beta_2 V t & \text{when } t \geq 0. \end{cases} \quad (4)$$

In this case evident relation $u = -Vt$ was used. In a particular case, when there is no energy dissipation in the system ($f_z^o = 0$) characteristic equation (2) degenerates into a biquadratic. Then deflection of a fixed rail point under the passage of a unit vertical force $Q = 1$ is determined by the expression:

$$Z_p^o(t) = \frac{\exp\{-\alpha V |t|\}}{4EI_y^o(\alpha^2 + \beta^2)\alpha\beta} (\alpha \sin \beta V |t| + \beta \cos \beta V t), \quad (5)$$

where

$$\alpha = \sqrt{\frac{U_z^o}{4EI_y^o} - \frac{N^o + m_z^o V^2}{4EI_y^o}};$$

$$\beta = \sqrt{\frac{U_z^o}{4EI_y^o} + \frac{N^o + m_z^o V^2}{4EI_y^o}}.$$

Track's vibrations at rail's deflection under the influence of unit force $Q = 1$ are considered in article [1]. As already mentioned, solutions obtained using the formula (5) are sufficiently accurate at speeds of trains of 300–350 km/h.

At high speeds it is necessary to consider that in the absence of vibration damping in the system ($f_z^o = 0$) and speed

$$V = \sqrt{\frac{1}{m_z^o} (2\sqrt{EI_y^o U_z^o} - N^o)}$$

system becomes unstable.

Indeed, in this case, we have $\alpha = 0$, and solution (5) becomes infinite. We define the Fourier spectrum of the function (4). In contrast to the function (5) it is asymmetric with respect to the point $t = 0$. This circumstance provides complexity to the Fourier spectrum; it includes not only the cosine transform, but the sine-Fourier transform of function (4).

We first calculate the cosine Fourier transform of function (4). Obviously, we have

$$\Phi_{zc}(\omega) = -A_{11} \int_{-\infty}^0 e^{\alpha_1 V t} \sin \beta_1 V t \cos \omega t dt + A_{12} \int_{-\infty}^0 e^{\alpha_1 V t} \cos \beta_1 V t \cos \omega t dt - A_{21} \int_0^{\infty} e^{-\alpha_2 V t} \sin \beta_2 V t \cos \omega t dt + A_{22} \int_0^{\infty} e^{-\alpha_2 V t} \cos \beta_2 V t \cos \omega t dt.$$

Changing in the first and second integrals a variable t into $-t$ and performing integration, we obtain the following result:

$$\Phi_{zc}(\omega) = \left\{ \frac{\beta_1 V + \omega}{2} [\alpha_1^2 V^2 + (\beta_1 V + \omega)^2]^{-1} + \frac{\beta_1 V - \omega}{2} [\alpha_1^2 V^2 + (\beta_1 V - \omega)^2]^{-1} \right\} A_{11} + \left\{ \frac{\beta_2 V + \omega}{2} [\alpha_2^2 V^2 + (\beta_2 V + \omega)^2]^{-1} + \frac{\beta_2 V - \omega}{2} [\alpha_2^2 V^2 + (\beta_2 V - \omega)^2]^{-1} \right\} A_{22} + \left\{ \frac{\beta_1 V + \omega}{2} [\alpha_1^2 V^2 + (\beta_1 V + \omega)^2]^{-1} - \frac{\beta_1 V - \omega}{2} [\alpha_1^2 V^2 + (\beta_1 V - \omega)^2]^{-1} \right\} A_{12} - \left\{ \frac{\beta_2 V + \omega}{2} [\alpha_2^2 V^2 + (\beta_2 V + \omega)^2]^{-1} - \frac{\beta_2 V - \omega}{2} [\alpha_2^2 V^2 + (\beta_2 V - \omega)^2]^{-1} \right\} A_{21} +$$

$$+ \frac{\alpha_2 V}{2} \left\{ \frac{[\alpha_2^2 V^2 + (\beta_2 V - \omega)^2]^{-1}}{[\alpha_2^2 V^2 + (\beta_2 V + \omega)^2]^{-1}} \right\} A_{22}. \quad (6)$$

We now calculate the sine-Fourier transform of function (4):

$$\Phi_{zs}(\omega) = -A_{11} \int_{-\infty}^0 e^{\alpha_1 V t} \sin \beta_1 V t \sin \omega t dt + A_{12} \int_{-\infty}^0 e^{\alpha_1 V t} \cos \beta_1 V t \sin \omega t dt - A_{21} \int_0^{\infty} e^{-\alpha_2 V t} \sin \beta_2 V t \sin \omega t dt + A_{22} \int_0^{\infty} e^{-\alpha_2 V t} \cos \beta_2 V t \sin \omega t dt.$$

Changing in the first and second integrals t into $-t$ and integrating, we obtain:

$$\Phi_{zs}(\omega) = -\frac{\alpha_1 V}{2} \left\{ \frac{[\alpha_1^2 V^2 + (\beta_1 V - \omega)^2]^{-1}}{[\alpha_1^2 V^2 + (\beta_1 V + \omega)^2]^{-1}} \right\} A_{11} - \left\{ \frac{\beta_1 V + \omega}{2} [\alpha_1^2 V^2 + (\beta_1 V + \omega)^2]^{-1} - \frac{\beta_1 V - \omega}{2} [\alpha_1^2 V^2 + (\beta_1 V - \omega)^2]^{-1} \right\} A_{12} - \frac{\alpha_2 V}{2} \left\{ \frac{[\alpha_2^2 V^2 + (\beta_2 V - \omega)^2]^{-1}}{[\alpha_2^2 V^2 + (\beta_2 V + \omega)^2]^{-1}} \right\} A_{21} + \left\{ \frac{\beta_2 V + \omega}{2} [\alpha_2^2 V^2 + (\beta_2 V + \omega)^2]^{-1} - \frac{\beta_2 V - \omega}{2} [\alpha_2^2 V^2 + (\beta_2 V - \omega)^2]^{-1} \right\} A_{22}. \quad (7)$$

Complex Fourier spectrum of the function (4) has the form

$$\Phi_z(\omega) = \Phi_{zc}(\omega) + i\Phi_{zs}(\omega) \quad (8)$$

where $i = \sqrt{-1}$ – imaginary unit.

We define the density of spectrum of process square $Z_p^o(t)$, appearing on the way under the passage of a random force $Q(t)$, which mean square is $Q^2 = Q^2 + \sigma_Q^2$, (9)

where Q – mean value of force $Q(t)$; σ_Q – RMS deviation of force's value from the mean value Q .

Parameters Q and σ_Q can be determined by considering processes in the mobile, related to the vehicle's coordinate system [1].

With account for formulas (8) and (9) the spectral density of a square of rail's deflection reduces to the expression

$$S_z^o(\omega) = \langle Q^2 \rangle \Phi_z(\omega) \bar{\Phi}_z(\omega) = Q^2 (\Phi_{zc}^2(\omega) + \Phi_{zs}^2(\omega)), \quad (10)$$

where $\bar{\Phi}_z(\omega)$ – function, complex conjugate to function $\Phi_z(\omega)$.

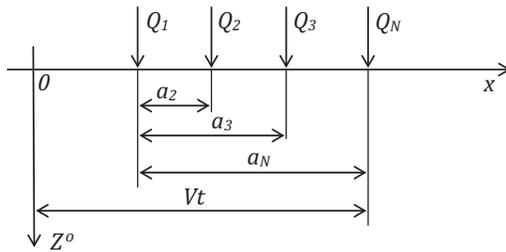
In expression (10) value Q^2 is determined by formula (9), and functions $\Phi_{zc}(\omega)$ and $\Phi_{zs}(\omega)$ – respectively by formulas (6) and (7).

Assume that when vehicle passes through a fixed track's cross-section all its axles transfer vertical forces to the rails with the same statistical characteristics:

$$Q = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N Q_j; \quad \sigma_Q^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sigma_{Q_j}^2, \quad (11)$$

where j is an axis number of a vehicle; N – total number of axles in the vehicle.





Pic. 1. Movement scheme of axles' group of a vehicle along the rail.

In this case, rail's deflection is determined by the sum of deflections resulting from individual forces, phase-shifted relative to wheel pair, which is the first in the direction of travel (Pic. 1).

In Pic. 1 variable x is an abscissa of the current cross-section of a rail, calculated from the start of the fixed coordinate system.

In the frequency area shift is performed by the operator:

$$W(i\omega) = \sum_{j=1}^N \exp\left\{i\omega \frac{a_j - a_N}{V}\right\}, \quad a_1 = 0. \quad (12)$$

With account for (12) density of spectrum of process square $Z_p^o(t)$ when a single vehicle passes through the cross-section of a rail is:

$$S_z^*(\omega) = W(i\omega)\bar{W}(i\omega)S_p^o(\omega), \quad (13)$$

where $\bar{W}(i\omega)$ is a frequency characteristics, complex conjugate to the frequency characteristics $W(i\omega)$.

If a chain of vehicles passes through rail's cross-section, spectrum density of process square $Z_p^o(t)$ of rail's deflection under the train can be determined as a superposition of the spectra of rail's deflections, caused by the passage of one vehicle with shifts jT_0 , where T_0 – period, during which a vehicle passes a way, equal to its length l :

$$T_0 = \frac{l}{V}. \quad (14)$$

Number j changes from $-M$ to $+M$ when $M \rightarrow \infty$.

After appropriate transforms [1], we obtain the following expression for the spectral density of the process of rail's deflection under a train formed from vehicles of the same type:

$$S_z(\omega) = S_z^*(\omega)\omega_0 \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(\omega - n\omega_0), \quad (15)$$

where $\delta(\omega)$ – Dirac delta function;

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi V}{l}. \quad (16)$$

With the expression (15), we can find the mean square of the process $Z_p^o(t)$:

$$\langle Z_p^{o2}(t) \rangle = \int_0^{\infty} S_z(\omega) d\omega. \quad (17)$$

Substituting in (17), expression (15) and taking into account the properties of the delta function, we obtain:

$$\langle Z_p^{o2}(t) \rangle = \sum_{n=1}^{\infty} d_n^2 \quad (18)$$

where d_n^2 – dispersion of process $Z_p^o(t)$, attributable to harmonic n .

Coefficients d_n^2 are determined as follows:

$$d_n^2 = 2\omega_0 S_z^*(n\omega_0). \quad (19)$$

These coefficients fully reflect the dynamics of rail base when a train, formed from wagons of the same type, passes along the track.

Dispersion of vibration accelerations of a sleeper attributable to harmonic n , is written in the form [1]:

$$d_{z_{\text{min}}}^2 = \omega_0^4 n^4 d_n^2 |W_{z_{\text{sw}}}^{z_p}(in\omega_0)|^2, \quad (20)$$

where $W_{z_{\text{sw}}}^{z_p}(i\omega)$ is frequency characteristics of the system with the input on the rail's deflection $Z_p^o(t)$ and output on the sleeper deflection $Z_{\text{sw}}^o(t)$.

Frequency characteristics $W_{z_{\text{sw}}}^{z_p}(i\omega)$ is determined with the help of expression [1]

$$W_{z_{\text{sw}}}^{z_p}(i\omega) = \frac{C_c}{-\omega^2 M_{\text{sw}} + i\omega f_{\text{sw}} + C_{\text{sw}} + C_c}, \quad (21)$$

where C_c – stiffness of a clamping unit;

C_{sw} – stiffness of sleeper base;

$M_{\text{sw}}^{\text{sw}}$ – half mass of a sleeper;

f_{sw} – vibration damping of a sleeper base.

Level of vibration acceleration of a sleeper is determined in octave bands and frequency range $16 < n\omega_0 < 32000$.

Choice of octaves depends on the speed of a vehicle, since frequency of basic tone of vibrations ω_0 is characterized by expression (16).

Harmonic number corresponding to the lower of the frequencies:

$$n_1 = \left\lceil \frac{16}{\omega_0} \right\rceil + 1, \quad (23)$$

here $\lceil \cdot \rceil$ is a sign of the integer part of the fraction behind this sign.

It can be seen that the value n_1 is simultaneously a number $n^{(1)}$ of the first harmonic of the first frequency octave bands $16 < \omega < 32$, and value $n^{(1)}$ – the first member of geometric progression

$$n^{(m)} = n^{(1)} \cdot 2^{m-1}, \quad (24)$$

where $n^{(m)}$ – number of the first harmonic of an octave band m .

In this task there are 11 octave bands.

Vibration accelerations of sleepers in frequency octave band shall be expressed in logarithmic units relative to the gravitational acceleration $g = 9,81 \text{ m/s}^2$:

$$L \left[\sum_{n=n^{(m)}}^{n=n^{(m+1)}-1} d_{z_{\text{sw}}}^2 \right] = 10 \lg \left[\frac{1}{g^2} \sum_{n=n^{(m)}}^{n=n^{(m+1)}-1} d_{z_{\text{sw}}}^2 \right]. \quad (25)$$

In expression (25) value $d_{z_{\text{sw}}}^2$ is determined by formula (20). Value $\left[\sum_{n=n^{(m)}}^{n=n^{(m+1)}-1} d_{z_{\text{sw}}}^2 \right]$ is a sum of dispersions

of all harmonics, which are located in frequency octave band m .

Below there are some results of calculations of track's vibration under the influence of high-speed trains. Due to the fact that we do not know its parameters at a speed of 400 km/h or more, and the design parameters of track superstructure when such a train passes, calculations are made for the parameters of the train «Sapsan» and track design with ballast and concrete sleepers.

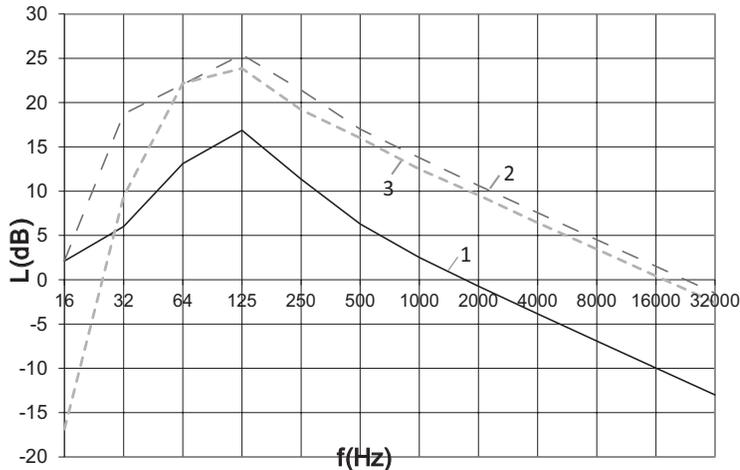
In the calculation scheme it is adopted, that train is formed from vehicles, the number of which is unlimited.

Initial parameters of a vehicle are:

• base of a bogie $b_T = 2,6 \text{ m}$;

• base of a car $b_B = 17,375 \text{ m}$;

• length of the car by an automatic coupler (average in a train) $l = 24,175 \text{ m}$.



Pic. 2. Levels of vibration accelerations of a sleeper when axial force is $N_0=106N$ and vibration damping is $f_z^0 = 4,5 \cdot 10^4 Pa \cdot s$ (1 – speed 300 km/h; 2 – speed 554 km/h; 3 – speed 700 km/h).

Parameters required for the calculation of the dispersion d_n^2 (Pic. 1):

$$a_1 = 0; a_2 = b_r = 2,6 \text{ m}; a_3 = b_g = 17,375 \text{ m}; a_4 = b_b + b_r = 19,975 \text{ m}.$$

The mean value of the force transmitted from the wheel on the rail:

$$Q = 90 \text{ kN}, j = 1, 2, 3, 4.$$

RMS deviation of a force's value from the mean value $\sigma_{Qj} = 14 \text{ kN}$.

Initial parameters of a track:

- elasticity modulus of a rail base $U_z^0 = 100 \text{ MPa}$;
- moment of inertia of the rail relative to the main cross horizontal axis $I_y^0 = 3,54 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$;
- elasticity modulus of rail steel $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$;
- reduced mass of a rail and a rail base distributed along the length $m_z^0 = 1013 \text{ kg/m}$;
- vibration damping of a track at vertical vibrations distributed along the length $f_z^0 = 4,5 \cdot 10^4 \text{ Pa} \cdot s$;
- weight of a sleeper $2M_w = 275 \text{ kg}$;
- stiffness of a clamping unit $C_c = 9 \cdot 10^7 \text{ N/m}$;
- stiffness of a rail base $C_w = 3 \cdot 10^7 \text{ N/m}$;
- vibration damping of a sleeper base $f_w = 10^5 \text{ Ns/m}$.

Level of vibration accelerations of sleepers in decibel scale in frequency octave bands was

calculated using formulas, given in this article. Calculations were performed at speeds of 300, 554 and 700 km/h. Speed 554 km/h is conditionally critical in the absence of vibration damping of the track ($f_w = 0$).

As it can be seen from Pic. 2, when a train moves at a speed, which is equal to conditionally critical ($V = 554 \text{ km/h}$), vibration accelerations of a sleeper reach a maximum in the whole frequency range of track's vibrations. In the frequency range of 64–250 Hz level of vibration accelerations of a sleeper comes to 22–25 dB.

With further increase in train's speed level of vibration accelerations of a track decreases at all frequencies, to the greatest extent – in the low frequency range (less than 64 Hz).

Conclusions.

1. The article presents the algorithm and results of numerical calculation of track's vibrations at speeds in the area of conditionally critical speed (when the model, not considering energy dissipation on the way, predicts emergence of vibrations of indefinitely large amplitude).

2. When a train moves at a speed equal to conventionally critical, track's vibrations reach their maximum in the entire frequency range. Further increase in speed implies reducing vibration acceleration at all frequencies.

Keywords: railway, sleeper's vibration, high-speed trains, critical speed, frequency octaves, spectral density, decibels, analytical method, numerical calculation, Hurwitz criterion, Fourier transform.

REFERENCES

1. Kogan, A. Ya. Analytical assessment of track's vibration levels under passing trains, formed from wagons of the same type [Analiticheskaya otsenka urovnya vibratsiy puti pod prohodiyaschimi poezdami, sformirovannymi iz odnotipnyh ekipazhey]. *Vestnik VNIIZhT*, 2013, № 3, pp. 3–9.

2. Kogan, A. Ya., Nikitin, D.A., Poleshchuk, I. V. Track's vibrations at high speeds and impact interaction of wheel and rail [Kolebaniya puti pri vysokikh skorostyah dvizheniya ekipazhey i udarnom vzaimodeystvii koleasa i rel'sa]. *Trudy VNIIZhT*. Moscow, 2007, 166 p.

Координаты авторов (contact information): Коган А. Я. (Kogan A. Ya.) – +7 (499) 1891180, Полещук И. В. (Poleshchuk I. V.) – +7 (495) 7999535.

Статья поступила в редакцию / article received 01.04.2014
Принята к публикации / article accepted 02.06.2014





Многопроводные тяговые сети переменного тока



Юрий ЧЕРНОВ
Yuri A. CHERNOV

Максим ГАВРИЛОВ
Maxim S. GAVRILOV



Чернов Юрий Антонович — доктор технических наук, профессор кафедры «Электроэнергетика транспорта» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

Гаврилов Максим Станиславович — студент 5-го курса МИИТ, Москва, Россия.

Изложен метод расчета токораспределения в проводах многопроводной тяговой сети переменного тока. Предложены формулы определения сопротивления одного пути многопроводной тяговой сети двухпутной линии и взаимного сопротивления проводов двух путей с учетом наведенных токов в проводах второго пути, позволяющие при расчете режимов электроснабжения использовать программное обеспечение для системы 25 кВ. Полученные уравнения, имея в виду условия тяговой сети с экранирующим и усиливающим проводами, дают возможность применять их при исключении любого провода или нескольких проводов из наличествующей многопроводной совокупности.

Ключевые слова: железная дорога, многопроводная тяговая сеть, переменный ток, сопротивления проводов, токораспределение, методика расчета, математический аппарат.

Для повышения эффективности электроснабжения железных дорог, электрифицированных по системе переменного тока 25 кВ, уже давно предлагалось использовать усиливающий провод (УП), соединенный параллельно с контактной подвеской [1]. До этого на Северо-Кавказской дороге в конце 70-х годов прошлого века был реализован вариант с экранирующим и усиливающим проводами (ЭУП) [2]. Он стал аналогом системы, ранее разработанной в Японии, когда с целью уменьшения магнитного потока между контактной сетью и рельсами (а тем самым значительно снижается индуктивное сопротивление тяговой сети) удалось применить коаксиальный кабель. При этом контактная сеть присоединяется к жиле кабеля, а рельсы к его оболочке.

Экономия капитальных затрат предполагает в подобных случаях осуществлять поэтапное наращивание мощности системы электроснабжения [3]. На первом этапе электрификация ориентирована на увеличение расстояний между подстанциями. В зависимости от роста грузопотока определяется очередность следующего этапа

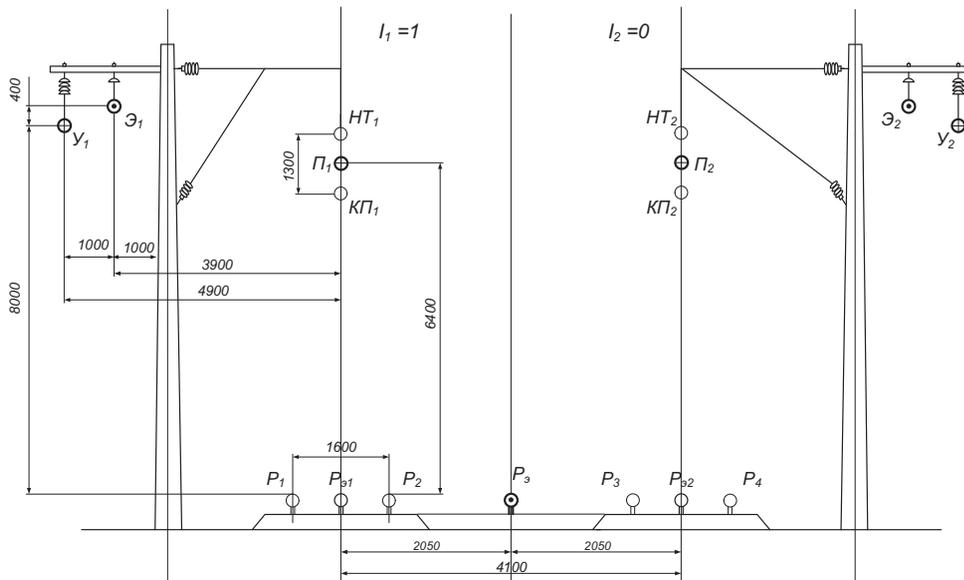


Рис. 1. Расположение проводов на двухпутной линии.

Обозначения: Y_1, Y_2 – усиливающие провода первого и второго путей; $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2$ – экранирующие провода первого и второго путей; $КП_1, КП_2$ – контактные провода первого и второго путей; $НТ_1, НТ_2$ – несущие тросы первого и второго путей; P_1, P_2 – одиночные рельсы первого пути; P_3, P_4 – одиночные рельсы второго пути; Π_1, Π_2 – эквивалентные провода первого и второго путей; P_{31}, P_{32} – эквивалентные рельсы первого и второго путей; P_3 – эквивалентный рельс обоих путей.

усиления (УП или ЭУП) и сроки его завершения [4].

Для расчетов режимов работы с УП или системы ЭУП достаточно найти сопротивление тяговой сети их энергосистем. Задача может быть выполнена с использованием программного обеспечения.

В системе с ЭУП расположение проводов цепной контактной подвески (К и Т) обычное, соответствующее применяемой системе 25 кВ. Расположение других проводов с расстояниями между ними, принятыми в проекте, показано на рис. 1.

К траверсам с полевой стороны опор (ближе к ним) подвешен на одном изоляторе экранирующий провод (\mathcal{E}), затем на минимально допустимом по условиям изоляции расстоянии на гирлянде из трёх или четырёх изоляторов – усиливающий провод (Y).

Экранирующий провод подключён параллельно к рельсам через нулевые точки путевых дроссель-трансформаторов через два дроссельных стыка на третий или через землю при индивидуальных заземлителях. Усиливающий провод соединяется с контактной подвеской в трех точках на одном анкерном участке.

Для определения величин токов, протекающих по проводам тяговой сети, запи-

шем выражения для падений напряжения с учетом направлений токов.

$$\Delta \dot{U}_{n1} = Z_{n1} \dot{I}_{n1} + Z_{n1y1} \dot{I}_{y1} - Z_{n1\mathcal{E}1} \dot{I}_{\mathcal{E}1} + Z_{n1n2} \dot{I}_{n2} + Z_{n1y2} \dot{I}_{y2} - Z_{n1\mathcal{E}2} \dot{I}_{\mathcal{E}2} - Z_{n1\mathcal{E}p} \dot{I}_{\mathcal{E}p}; \quad (1)$$

$$\Delta \dot{U}_{y1} = Z_{n1y1} \dot{I}_{n1} + Z_{y1} \dot{I}_{y1} - Z_{y1\mathcal{E}1} \dot{I}_{\mathcal{E}1} + Z_{n2y1} \dot{I}_{n2} + Z_{y1y2} \dot{I}_{y2} - Z_{y1\mathcal{E}2} \dot{I}_{\mathcal{E}2} - Z_{y1\mathcal{E}p} \dot{I}_{\mathcal{E}p}; \quad (2)$$

$$\Delta \dot{U}_{\mathcal{E}1} = -Z_{n1\mathcal{E}1} \dot{I}_{n1} - Z_{y1\mathcal{E}1} \dot{I}_{y1} + Z_{\mathcal{E}1} \dot{I}_{\mathcal{E}1} - Z_{n2\mathcal{E}1} \dot{I}_{n2} - Z_{y2\mathcal{E}1} \dot{I}_{y2} + Z_{\mathcal{E}1\mathcal{E}2} \dot{I}_{\mathcal{E}2} + Z_{\mathcal{E}1\mathcal{E}p} \dot{I}_{\mathcal{E}p}; \quad (3)$$

$$\Delta \dot{U}_{n2} = Z_{n1n2} \dot{I}_{n1} + Z_{n2y1} \dot{I}_{y1} - Z_{n2\mathcal{E}1} \dot{I}_{\mathcal{E}1} + Z_{n2} \dot{I}_{n2} + Z_{n2y2} \dot{I}_{y2} - Z_{n2\mathcal{E}2} \dot{I}_{\mathcal{E}2} - Z_{n2\mathcal{E}p} \dot{I}_{\mathcal{E}p}; \quad (4)$$

$$\Delta \dot{U}_{y2} = Z_{n1y2} \dot{I}_{n1} + Z_{y1y2} \dot{I}_{y1} - Z_{y2\mathcal{E}1} \dot{I}_{\mathcal{E}1} + Z_{n2y2} \dot{I}_{n2} + Z_{y2} \dot{I}_{y2} - Z_{y2\mathcal{E}2} \dot{I}_{\mathcal{E}2} - Z_{y2\mathcal{E}p} \dot{I}_{\mathcal{E}p}; \quad (5)$$

$$\Delta \dot{U}_{\mathcal{E}2} = -Z_{n1\mathcal{E}2} \dot{I}_{n1} - Z_{y1\mathcal{E}2} \dot{I}_{y1} + Z_{\mathcal{E}2} \dot{I}_{\mathcal{E}2} - Z_{n2\mathcal{E}2} \dot{I}_{n2} - Z_{y2\mathcal{E}2} \dot{I}_{y2} + Z_{\mathcal{E}2\mathcal{E}1} \dot{I}_{\mathcal{E}1} + Z_{\mathcal{E}2\mathcal{E}p} \dot{I}_{\mathcal{E}p}; \quad (6)$$

$$\Delta \dot{U}_{\mathcal{E}p} = -Z_{n1\mathcal{E}p} \dot{I}_{n1} - Z_{y1\mathcal{E}p} \dot{I}_{y1} + Z_{\mathcal{E}1\mathcal{E}p} \dot{I}_{\mathcal{E}1} - Z_{n2\mathcal{E}p} \dot{I}_{n2} - Z_{y2\mathcal{E}p} \dot{I}_{y2} + Z_{\mathcal{E}2\mathcal{E}p} \dot{I}_{\mathcal{E}2} + Z_{\mathcal{E}p} \dot{I}_{\mathcal{E}p}; \quad (7)$$

где $\Delta \dot{U}_{n1}, \Delta \dot{U}_{y1}, \Delta \dot{U}_{\mathcal{E}1}, \Delta \dot{U}_{n2}, \Delta \dot{U}_{y2}, \Delta \dot{U}_{\mathcal{E}2}, \Delta \dot{U}_{\mathcal{E}p}$ – падения напряжения на 1 км длины следующих контуров: эквивалентный провод первого пути – земля, усиливающий провод первого пути – земля, экранирующий провод первого пути – земля, эквивалентный провод второго пути – земля, усиливающий провод второго пути –





Таблица 1
Коэффициенты токораспределения
по проводам при нагрузке на одном пути

	$Z_{пер} = \infty$	$Z_{пер} = 0$
K_{n1}	$ 0,570+j0,018 =0,570$	$ 0,569+j0,018 =0,569$
K_{y1}	$ 0,430-j0,018 =0,430$	$ 0,431-j0,018 =0,431$
K_{z1}	$ 0,330+j0,044 =0,333$	$ 0,277+j0,059 =0,284$
K_{n2}	$ -0,036-j0,016 =0,040$	$ -0,037-j0,016 =0,040$
K_{y2}	$ 0,036+j0,016 =0,040$	$ 0,037+j0,016 =0,040$
K_{z2}	$ 0,166-j0,007 =0,166$	$ 0,113+j0,008 =0,114$
$K_{зп}$	$ 0,504-j0,037 =0,506$	$ 0,359+j0,012 =0,359$

земля, экранирующий провод второго пути – земля, эквивалентный рельс – земля, В;

$i_{n1}, i_{y1}, i_{z1}, i_{n2}, i_{y2}, i_{z2}, i_{зп}$ – токи в соответствующих проводах, А;

$Z_{n1}, Z_{y1}, Z_{z1}, Z_{n2}, Z_{y2}, Z_{z2}, Z_{зп}$ – сопротивления контуров соответствующий провод – земля, Ом/км;

Методика расчета сопротивлений контуров провод-земля и взаимных сопротивлений между ними, отмеченных нижним двойным индексом, изложена в [5].

Для определения токов в указанных проводах необходимо составить и решить систему уравнений с семью неизвестными.

Падения напряжения в параллельных проводах равны. Следовательно, можно записать:

$$\Delta U_{n1} = \Delta U_{y1}; \Delta U_{z1} = \Delta U_{зп}; \Delta U_{n2} = \Delta U_{y2}; \Delta U_{z2} = \Delta U_{зп}.$$

Приравняв правые части этих выражений и сгруппировав подобные члены, получаем четыре уравнения. Для получения пятого уравнения предположим, что нагрузка контактной сети и усиливающего провода первого пути равна единице ($i_1 = 1$).

В этом случае при раздельном питании путей имеем:

$$i_{n1} + i_{y1} = 1.$$

Поскольку рассматривается режим, при котором на втором пути нагрузки нет ($i_2 = 0$), то шестое уравнение имеет вид

$$i_{n2} + i_{y2} = 0.$$

Вид седьмого уравнения зависит от принимаемой величины переходного сопротивления между рельсом и землей. Рассмотрим два крайних случая: $Z_{пер} = 0$ и $Z_{пер} = \infty$. Очевидно, что придется решать две системы уравнений, а за результиру-

ющее сопротивление тяговой сети примем среднее арифметическое двух полученных значений.

$Z_{пер} = \infty$ означает, что рельс изолирован от земли и весь тяговый ток возвращается по рельсам и экранирующим проводам. При этом запишем следующее седьмое уравнение:

$$i_{z1} + i_{z2} + i_{зп} = 1.$$

При $Z_{пер} = 0$ обратным проводом для тягового тока служит земля. В рельсах и экранирующих проводах токи возникают вследствие наведения в них ЭДС токами в других проводах. Соответствующий ток, например, в эквивалентном рельсе двух путей равен:

$$i_{зп} = \frac{Z_{n1зп} i_{n1} + Z_{y1зп} i_{y1} - Z_{z1зп} i_{z1} + Z_{n2зп} i_{n2} + Z_{y2зп} i_{y2} - Z_{z2зп} i_{z2}}{Z_{зп}}.$$

Система уравнений при $Z_{пер} = \infty$ имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} & (Z_{n1} - Z_{ny1}) i_{n1} + (Z_{ny1} - Z_{y1}) i_{y1} - (Z_{n1z1} - Z_{y1z1}) i_{z1} + \\ & + (Z_{n1n2} - Z_{ny2}) i_{n2} + (Z_{ny2} - Z_{y2}) i_{y2} - \\ & - (Z_{n1z2} - Z_{y1z2}) i_{z2} - (Z_{n1зп} - Z_{y1зп}) i_{зп} = 0; \\ & - (Z_{n1z1} - Z_{ny1зп}) i_{n1} - (Z_{y1z1} - Z_{y1зп}) i_{y1} + (Z_{z1} - Z_{z1зп}) i_{z1} - \\ & - (Z_{n2z1} - Z_{ny2зп}) i_{n2} - (Z_{y2z1} - Z_{y2зп}) i_{y2} + \\ & + (Z_{z1зп} - Z_{z2зп}) i_{z2} + (Z_{z1зп} - Z_{зп}) i_{зп} = 0; \\ & (Z_{n1n2} - Z_{ny2}) i_{n1} + (Z_{ny2} - Z_{y2}) i_{y1} - (Z_{n2z1} - Z_{y2z1}) i_{z1} + \\ & + (Z_{n2} - Z_{ny2}) i_{n2} + (Z_{ny2} - Z_{y2}) i_{y2} - \\ & - (Z_{n2z2} - Z_{y2z2}) i_{z2} - (Z_{n2зп} - Z_{y2зп}) i_{зп} = 0; \\ & - (Z_{n1z2} - Z_{ny1зп}) i_{n1} - (Z_{y1z2} - Z_{y1зп}) i_{y1} + (Z_{z1z2} - Z_{z1зп}) i_{z1} - \\ & - (Z_{n2z2} - Z_{ny2зп}) i_{n2} - (Z_{y2z2} - Z_{y2зп}) i_{y2} + \\ & + (Z_{z2} - Z_{z2зп}) i_{z2} + (Z_{z2зп} - Z_{зп}) i_{зп} = 0; \\ & i_{n1} + i_{y1} + 0 + 0 + 0 + 0 = 1; \\ & 0 + 0 + 0 + i_{n2} + i_{y2} + 0 + 0 = 0; \\ & 0 + 0 + i_{z1} + 0 + 0 + i_{z2} + i_{зп} = 1. \end{aligned} \right\} (8)$$

При $Z_{пер} = 0$ изменение претерпит только последнее уравнение:

$$\begin{aligned} & -Z_{n1зп} i_{n1} - Z_{y1зп} i_{y1} + Z_{z1зп} i_{z1} - \\ & -Z_{n2зп} i_{n2} - Z_{y2зп} i_{y2} + Z_{z2зп} i_{z2} + Z_{зп} i_{зп} = 0. \end{aligned}$$

Решая данные системы уравнений, получим токораспределение по проводам тяговой сети при раздельном питании путей и условии, что нагружен только один (первый) путь. При этом коэффициенты

Таблица 2

Сопротивление одного пути системы с ЭУП и взаимное сопротивление двух путей

Тяговая сеть	Переходное сопротивление	Z_0 , Ом/км	$ Z_0 $, Ом/км	$Z_{\text{овпп}}$, Ом/км	$ Z_{\text{овпп}} $, Ом/км
25 кВ	$Z_{\text{пер}} = \infty$	0,214+j0,449	0,498	0,055+j0,175	0,184
	$Z_{\text{пер}} = 0$	0,189+j0,405	0,447	0,030+j0,131	0,134
	$Z_{\text{ср}}$	0,201+j0,427	0,4725	0,042+j0,153	0,159
25 кВ с УП	$Z_{\text{пер}} = \infty$	0,141+j0,348	0,375	0,054+j0,155	0,164
	$Z_{\text{пер}} = 0$	0,115+j0,300	0,321	0,028+j0,106	0,110
	$Z_{\text{ср}}$	0,128+j0,324	0,348	0,041+j0,131	0,137
25 кВ с ЭУП	$Z_{\text{пер}} = \infty$	0,121+j0,242	0,271	0,031+j0,063	0,070
	$Z_{\text{пер}} = 0$	0,107+j0,228	0,252	0,017+j0,049	0,052
	$Z_{\text{ср}}$	0,114+j0,235	0,2615	0,024+j0,056	0,061

распределения тока первого пути по проводам равны

$$K_{n1} = \frac{i_{n1}}{I_1}, K_{y1} = \frac{i_{y1}}{I_1}, K_{s1} = \frac{i_{s1}}{I_1};$$

$$K_{n2} = \frac{i_{n2}}{I_1}, K_{y2} = \frac{i_{y2}}{I_1}, K_{s2} = \frac{i_{s2}}{I_1}, K_{sp} = \frac{i_{sp}}{I_1}.$$

Результаты расчета коэффициентов токораспределения для указанных на рис. 1 расстояний между проводами при подвеске ПБСМ-95 + МФ-100, рельсах Р-65 и $\gamma_3 = 0,01$ Ом/м приведены в таблице 1.

Для определения полного сопротивления тяговой сети воспользуемся падением напряжения в контуре «эквивалентный провод – рельс»:

$$\Delta U = \Delta U_n + \Delta U_{sp}. \quad (9)$$

Подставим в это уравнение правые части выражений (1) и (7). При этом используем метод наложения. Очевидно, что при отсутствии нагрузки на первом пути и ее наличии на втором токи распределяются по проводам в соответствии с коэффициентами таблицы 1, у которых следует поменять места номера путей. Более того, коэффициенты будут справедливы и для случая нагрузки обоих путей. Следовательно, можно записать:

$$i_{n1} = K_{n1}i_1 + K_{n2}i_2; \quad i_{n2} = K_{n2}i_1 + K_{n1}i_2;$$

$$i_{y1} = K_{y1}i_1 + K_{y2}i_2; \quad i_{y2} = K_{y2}i_1 + K_{y1}i_2;$$

$$i_{s1} = K_{s1}i_1 + K_{s2}i_2; \quad i_{s2} = K_{s2}i_1 + K_{s1}i_2;$$

$$i_{sp} = K_{sp}i_1 + K_{sp}i_2.$$

Подставив эти выражения в формулы (1) и (7), после преобразования вместо (9) получим

$$\Delta U = \left(\begin{array}{l} a_{n1}K_{n1} + a_{y1}K_{y1} - a_{s1}K_{s1} + a_{n2}K_{n2} + \\ a_{y2}K_{y2} - a_{s2}K_{s2} - a_{sp}K_{sp} \end{array} \right) i_1 + \\ + (a_{n1}K_{n2} + a_{y1}K_{y2} - a_{s1}K_{s2} + a_{n2}K_{n1} + \\ + a_{y2}K_{y1} - a_{s2}K_{s1} - a_{sp}K_{sp}) i_2, \quad (10)$$

$$\text{где } a_{n1} = (Z_{n1} - Z_{n1sp}); \quad a_{y1} = (Z_{n1y1} - Z_{y1sp});$$

$$a_{s1} = (Z_{n1s1} - Z_{s1sp}); \quad a_{n2} = (Z_{n1n2} - Z_{n2sp});$$

$$a_{y2} = (Z_{n1y2} - Z_{y2sp}); \quad a_{s2} = (Z_{n1s2} - Z_{s2sp});$$

$$a_{sp} = (Z_{n1sp} - Z_{sp}).$$

Выражение в скобках при i_1 можно назвать полным сопротивлением одного пути двухпутного участка при раздельном питании путей и обозначить его Z_0 . Выражение во вторых скобках представляет собой взаимное сопротивление двух путей. Обозначим его $Z_{\text{овпп}}$. Тогда

$$\Delta U = i_1 Z_0 + i_2 Z_{\text{овпп}}.$$

Зная коэффициенты распределения токов по проводам и значения сопротивлений проводов и взаимной индукции между проводами, можно рассчитать Z_0 и $Z_{\text{овпп}}$.

Предложенные методики определения токораспределения по проводам и сопротивления системы электроснабжения с ЭУП могут быть использованы и при исключении любого провода или нескольких проводов из многопроводной тяговой сети. Для этого в системе уравнений (8) достаточно убрать столбцы с токами в исключаемых проводах на первом и втором путях и строки, учитывающие их ин-





дуктивную связь на обоих путях с другими. В выражении (10) следует принять коэффициенты распределения тока в отключаемом проводе $K_i = 0$. Например, для системы

$$Z_0 = a_{n1}K_{n1} + a_{n2}K_{n2} - a_{sp}K_{sp}; \quad (11)$$

$$Z_{0впп} = a_{n1}K_{n2} + a_{n2}K_{n1} - a_{sp}K_{sp}. \quad (12)$$

Формулы (11) и (12) отличаются от ранее известных [5] учетом влияния наведенных токов на втором пути от нагрузки на первом пути на сопротивление одного первого пути двухпутной линии.

Расчеты для указанных исходных данных были проведены для систем электропитания 25 кВ, 25 кВ с УП и 25 кВ с ЭУП. Результаты приведены в таблице 2.

Анализируя результаты расчетов, видно, что доля тока в проводах контактной сети и усиливающих проводах не зависит от величины переходного сопротивления «рельс–земля». Токи в рельсах и экранирующих проводах зависят от значения переходного сопротивления. Отметим и то, что наведенные токи на втором пути в эквивалентном контактном и усиливающем про-

водах имеют противоположное направление.

Результаты таблицы 2 позволяют утверждать, что переход от обычной системы 25 кВ к системе с УП снижает сопротивление одного пути двухпутного участка на величину порядка 26%, а к системе с ЭУП – на 45%.

Переход от системы с УП к системе с ЭУП даст снижение сопротивления примерно на 25%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карякин Р. Н. Тяговые сети переменного тока. – М.: Транспорт, 1987. – 279 с.
2. Бочев А. С., Мунькин В. В., Фигурнов Е. П. Электротяговая сеть с усиливающим и обратным проводами // Железные дороги мира. – 1997, – № 11. – С. 8–12.
3. Чернов Ю. А. К вопросу о проектировании устройств электроснабжения железных дорог // Межвуз. сб. науч. трудов. – М.: МИИТ, 1981. – Вып. 684. – С. 3–5.
4. Чернов Ю. А. Оптимизация развития системы тягового электроснабжения методом динамического программирования // Транспорт Урала. – 2012. – № 3. – С. 90–93.
5. Чернов Ю. А. Электроснабжение электрических железных дорог: учеб. пособие. – М.: МИИТ, 2005. – 154 с. ●

MULTIWIRE AC ELECTRIC TRACTION NETWORKS

Chernov, Yuri A. – D. Sc. (Tech), professor of the department of transport electric power of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

Gavrilov, Maxim S. – 5th year student of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

ABSTRACT

The article describes a method for calculating current distribution in wires of multiwire AC electric traction network. Formulas for determining the resistance of one track of a multiwire electric traction network of a double-track line and mutual resistance of wires of two tracks with account of induced currents in the wires of the second track are proposed, enabling in the calculation of modes of power supply to use the software for a25 kV system. The resulting equations, referring to the conditions of electric traction network with screening and reinforcing wires provide an opportunity to apply them in exclusion of any wire or several wires of available multiwire complex.

ENGLISH SUMMARY

Background. To improve the efficiency of power supply of railways, electrified by 25 kV AC system, it has long been proposed to use a reinforcing wire (RW), connected in parallel with overhead catenary [1]. Prior to that, in the North-Caucasian railway in the late 1970s an option has been implemented with screening and reinforcing wires (SRW) [2]. It became an analogue to the system, previously developed in Japan, where in order to reduce the magnetic flow between catenary and rails (and thus

induced resistance of electric traction network greatly reduces) a coaxial cable was applied. At the same time catenary is connected to a cable core and rails to its sheath.

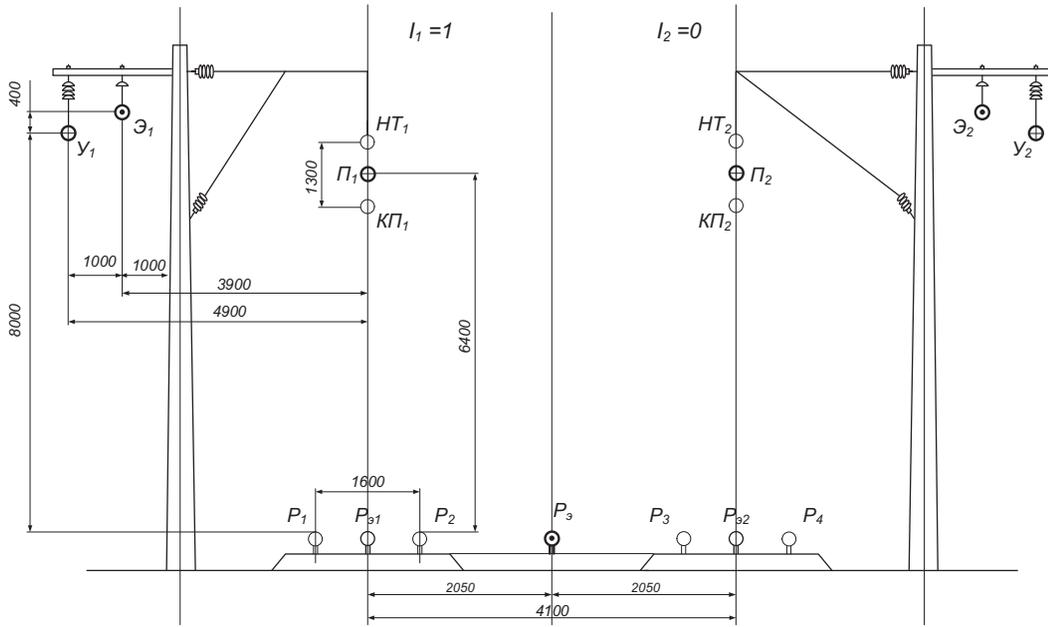
Capital cost savings involve in such cases the gradual expanding capacity of power supply system [3]. In the first phase electrification is focused on extension of the distance between substations. Depending on the traffic growth the order of the next phase of amplification (RW or SRW) and its completion date are determined [4].

Objective. The objective of the authors is to present a method for calculating current distribution in wires of multiwire AC electric traction network.

Methods. The authors use mathematical methods and analysis.

Results. For calculation of modes of operation within RW or SRW systems it is sufficient to determine electric traction network resistance of their power systems. The task may be performed using software.

In a system with SRW location of wires of circuit overhead catenary (K and T) is ordinary and corresponds to the used 25 kV system. Location of other wires with distances between them, adopted in the project, is shown in Pic. 1.



Pic. 1. Location of wires on a double-track line.

Keys: Y_1, Y_2 – reinforcing wires of the first and the second tracks; $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2$ – screening wires of the first and the second tracks; $KП_1, KП_2$ – contact wires of the first and the second tracks; HT_1, HT_2 – suspension wires of the first and the second tracks; P_1, P_2 – single rails of the first track; P_3, P_4 – single rails of the second track; Π_1, Π_2 – equivalent wires of the first and the second tracks; $P_{\mathcal{E}1}, P_{\mathcal{E}2}$ – equivalent rails of the first and second tracks; P_3 – equivalent rail of both tracks.

A screening wire (\mathcal{E}) on one insulator is suspended to traverses from a land side of bearing supports (closer to them), while the reinforcing wire (Y) is suspended on a garland of three or four insulators at the minimum permissible distance in terms of isolation. Screening wire is connected in parallel to the rails through zero points of track impedance bonds through two inductive bonds to the third inductive bond or through the ground if individual ground wires are used. The reinforcing wire is connected with catenary in three points on suspension points on one constant tension section.

To determine the values of the currents flowing through the wires of electric traction network, we introduce the expression for the voltage drops with account for directions of currents.

$$\Delta\dot{U}_{n1} = Z_{n1} \dot{I}_{n1} + Z_{n1y1} \dot{I}_{y1} - Z_{n1\mathcal{E}1} \dot{I}_{\mathcal{E}1} + Z_{n1n2} \dot{I}_{n2} + Z_{n1y2} \dot{I}_{y2} - Z_{n1\mathcal{E}2} \dot{I}_{\mathcal{E}2} - Z_{n1\mathcal{E}3} \dot{I}_{\mathcal{E}3}; \quad (1)$$

$$\Delta\dot{U}_{y1} = Z_{n1y1} \dot{I}_{n1} + Z_{y1} \dot{I}_{y1} - Z_{y1\mathcal{E}1} \dot{I}_{\mathcal{E}1} + Z_{n2y1} \dot{I}_{n2} + Z_{y1y2} \dot{I}_{y2} - Z_{y1\mathcal{E}2} \dot{I}_{\mathcal{E}2} - Z_{y1\mathcal{E}3} \dot{I}_{\mathcal{E}3}; \quad (2)$$

$$\Delta\dot{U}_{\mathcal{E}1} = -Z_{n1\mathcal{E}1} \dot{I}_{n1} - Z_{y1\mathcal{E}1} \dot{I}_{y1} + Z_{\mathcal{E}1} \dot{I}_{\mathcal{E}1} - Z_{n2\mathcal{E}1} \dot{I}_{n2} - Z_{y2\mathcal{E}1} \dot{I}_{y2} + Z_{\mathcal{E}1\mathcal{E}2} \dot{I}_{\mathcal{E}2} + Z_{\mathcal{E}1\mathcal{E}3} \dot{I}_{\mathcal{E}3}; \quad (3)$$

$$\Delta\dot{U}_{n2} = Z_{n1n2} \dot{I}_{n1} + Z_{n2y1} \dot{I}_{y1} - Z_{n2\mathcal{E}1} \dot{I}_{\mathcal{E}1} + Z_{n2} \dot{I}_{n2} + Z_{n2y2} \dot{I}_{y2} - Z_{n2\mathcal{E}2} \dot{I}_{\mathcal{E}2} - Z_{n2\mathcal{E}3} \dot{I}_{\mathcal{E}3}; \quad (4)$$

$$\Delta\dot{U}_{y2} = Z_{n1y2} \dot{I}_{n1} + Z_{y1y2} \dot{I}_{y1} - Z_{y2\mathcal{E}1} \dot{I}_{\mathcal{E}1} + Z_{n2y2} \dot{I}_{n2} + Z_{y2} \dot{I}_{y2} - Z_{y2\mathcal{E}2} \dot{I}_{\mathcal{E}2} - Z_{y2\mathcal{E}3} \dot{I}_{\mathcal{E}3}; \quad (5)$$

$$\Delta\dot{U}_{\mathcal{E}2} = -Z_{n1\mathcal{E}2} \dot{I}_{n1} - Z_{y1\mathcal{E}2} \dot{I}_{y1} + Z_{\mathcal{E}1\mathcal{E}2} \dot{I}_{\mathcal{E}1} - Z_{n2\mathcal{E}2} \dot{I}_{n2} - Z_{y2\mathcal{E}2} \dot{I}_{y2} + Z_{\mathcal{E}2} \dot{I}_{\mathcal{E}2} + Z_{\mathcal{E}2\mathcal{E}3} \dot{I}_{\mathcal{E}3}; \quad (6)$$

$$\Delta\dot{U}_{\mathcal{E}3} = -Z_{n1\mathcal{E}3} \dot{I}_{n1} - Z_{y1\mathcal{E}3} \dot{I}_{y1} + Z_{\mathcal{E}1\mathcal{E}3} \dot{I}_{\mathcal{E}1} - Z_{n2\mathcal{E}3} \dot{I}_{n2} -$$

$$-Z_{y2\mathcal{E}3} \dot{I}_{y2} + Z_{\mathcal{E}2\mathcal{E}3} \dot{I}_{\mathcal{E}2} + Z_{\mathcal{E}3} \dot{I}_{\mathcal{E}3}, \quad (7)$$

where $\Delta\dot{U}_{n1}, \Delta\dot{U}_{y1}, \Delta\dot{U}_{\mathcal{E}1}, \Delta\dot{U}_{n2}, \Delta\dot{U}_{y2}, \Delta\dot{U}_{\mathcal{E}2}, \Delta\dot{U}_{\mathcal{E}3}$ are voltage drops across 1 km of the length of respective contours which are: equivalent wire of the first track – ground, reinforcing wire of the first track – ground, screening wire of the first track – ground, equivalent wire of the second track – ground, reinforcing wire of the second track – ground, screening wire of the second track – ground, equivalent rail – ground, V ; $I_{n1}, I_{y1}, I_{\mathcal{E}1}, I_{n2}, I_{y2}, I_{\mathcal{E}2}, I_{\mathcal{E}3}$ – currents in respective wires, A;

$Z_{n1}, Z_{y1}, Z_{\mathcal{E}1}, Z_{n2}, Z_{y2}, Z_{\mathcal{E}2}, Z_{\mathcal{E}3}$ – resistance of contours of respective wire-ground, Ohm / km;

Methods for calculating resistance of contours wire-ground and mutual resistances between them, indicated with double suffix number, are described in [5].

To determine the currents in these wires it is necessary to formulate and solve a system of equations with seven indeterminates.

Voltage drops in parallel wires are equal. Consequently, it can be written as:

$$\Delta\dot{U}_{n1} = \Delta\dot{U}_{y1}; \Delta\dot{U}_{\mathcal{E}1} = \Delta\dot{U}_{\mathcal{E}3}; \Delta\dot{U}_{n2} = \Delta\dot{U}_{y2}; \Delta\dot{U}_{\mathcal{E}2} = \Delta\dot{U}_{\mathcal{E}3}.$$

Equating the right sides of these expressions and grouping similar terms, four equations are obtained. For the fifth equation we assume that the load of catenary and reinforcing wire of the first track is equal to one ($I_1 = 1$).

In this case, for separate power supply of tracks we have: $I_{n1} + I_{y1} = 1$.

Since the mode without load on the second track is considered ($I_2 = 0$), then the sixth equation is

$$I_{n2} + I_{y2} = 0.$$





Table 1

Coefficients of the current distribution by wires when there is a load on one track

	$Z_{nep} = \infty$	$Z_{nep} = 0$
K_{n1}	$ 0,570+j0,018 =0,570$	$ 0,569+j0,018 =0,569$
K_{y1}	$ 0,430-j0,018 =0,430$	$ 0,431-j0,018 =0,431$
K_{s1}	$ 0,330+j0,044 =0,333$	$ 0,277+j0,059 =0,284$
K_{n2}	$ -0,036-j0,016 =0,040$	$ -0,037-j0,016 =0,040$
K_{y2}	$ 0,036+j0,016 =0,040$	$ 0,037+j0,016 =0,040$
K_{s2}	$ 0,166-j0,007 =0,166$	$ 0,113+j0,008 =0,114$
K_{sp}	$ 0,504-j0,037 =0,506$	$ 0,359+j0,012 =0,359$

Type of the seventh equation depends on the taken value of transient resistance between rail and ground. The authors propose to consider two extreme cases: $Z_{nep} = 0$ and $Z_{nep} = \infty$. Obviously, two systems of equations should be solved, and an arithmetic mean of two obtained values will be taken for the resulting resistance of electric traction network.

$Z_{nep} = \infty$ means that a rail is insulated from the ground and the entire traction current returns along the rails and screening wires. The seventh equation will be: $I_{n1} + I_{s2} + I_{sp} = 1$.

When $Z_{nep} = 0$, ground serves as a return wire for traction current. Current in rails and screening wires appears due to EMF induction caused by current in other wires. Corresponding current, for example, in equivalent rail of two tracks is:

$$i_{sp} = \frac{Z_{n1sp} i_{n1} + Z_{y1sp} i_{y1} - Z_{s1sp} i_{s1} + Z_{n2sp} i_{n2} + Z_{y2sp} i_{y2} - Z_{s2sp} i_{s2}}{Z_{sp}}$$

System of equations when $Z_{nep} = \infty$ takes a form:

$$\left. \begin{aligned} & (Z_{n1} - Z_{n1y1}) i_{n1} + (Z_{n1y1} - Z_{y1}) i_{y1} - (Z_{n1s1} - Z_{y1s1}) i_{s1} + \\ & + (Z_{n1n2} - Z_{n2y1}) i_{n2} + (Z_{n1y2} - Z_{y1y2}) i_{y2} - \\ & - (Z_{n1s2} - Z_{y1s2}) i_{s2} - (Z_{n1sp} - Z_{y1sp}) i_{sp} = 0; \\ & - (Z_{n1s1} - Z_{n1sp}) i_{n1} - (Z_{y1s1} - Z_{y1sp}) i_{y1} + (Z_{s1} - Z_{s1sp}) i_{s1} - \\ & - (Z_{n2s1} - Z_{n2sp}) i_{n2} - (Z_{y2s1} - Z_{y2sp}) i_{y2} + \\ & + (Z_{s1s2} - Z_{s2sp}) i_{s2} + (Z_{s1sp} - Z_{sp}) i_{sp} = 0; \\ & (Z_{n1n2} - Z_{n1y2}) i_{n1} + (Z_{n2y1} - Z_{y1y2}) i_{y1} - (Z_{n2s1} - Z_{y2s1}) i_{s1} + \\ & + (Z_{n2} - Z_{n2y2}) i_{n2} + (Z_{n2y2} - Z_{y2}) i_{y2} - \\ & - (Z_{n2s2} - Z_{y2s2}) i_{s2} - (Z_{n2sp} - Z_{y2sp}) i_{sp} = 0; \\ & - (Z_{n1s2} - Z_{n1sp}) i_{n1} - (Z_{y1s2} - Z_{y1sp}) i_{y1} + (Z_{s1s2} - Z_{s1sp}) i_{s1} - \\ & - (Z_{n2s2} - Z_{n2sp}) i_{n2} - (Z_{y2s2} - Z_{y2sp}) i_{y2} + \\ & + (Z_{s2} - Z_{s2sp}) i_{s2} + (Z_{s2sp} - Z_{sp}) i_{sp} = 0; \\ & i_{n1} + i_{y1} + 0 + 0 + 0 + 0 = 1; \\ & 0 + 0 + 0 + I_{n2} + I_{y2} + 0 + 0 = 0; \\ & 0 + 0 + I_{s1} + 0 + 0 + I_{s2} + I_{sp} = 1. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

When $Z_{nep} = 0$ only last equation will change:

$$\begin{aligned} & -Z_{n1sp} i_{n1} - Z_{y1sp} i_{y1} + Z_{s1sp} i_{s1} - Z_{n2sp} i_{n2} - \\ & - Z_{y2sp} i_{y2} + Z_{s2sp} i_{s2} + Z_{sp} i_{sp} = 0. \end{aligned}$$

Solving these systems of equations, we obtain the current distribution by wires of electric traction network with a separate power supply of tracks,

provided that only one (the first) track is loaded. The coefficients of the current distribution of the first track through wires are:

$$K_{n1} = \frac{i_{n1}}{I_1}, K_{y1} = \frac{i_{y1}}{I_1}, K_{s1} = \frac{i_{s1}}{I_1};$$

$$K_{n2} = \frac{i_{n2}}{I_1}, K_{y2} = \frac{i_{y2}}{I_1}, K_{s2} = \frac{i_{s2}}{I_1}, K_{sp} = \frac{i_{sp}}{I_1}.$$

The results of calculation of the coefficients of the current distribution for distances between wires shown in Pic. 1 when suspension is ПБСМ-95 + МФ-100, rails are P-65 and $\gamma_s = 0,01$ Ohm/m are shown in Table 1.

To determine total resistance of electric traction network, we will use voltage drop in the contour «equivalent wire – rail»:

$$\Delta U = \Delta U_n + \Delta U_{sp} \quad (9)$$

We will substitute right sides of expressions (1) and (7) in this equation. Method of superposition is used. Obviously, when there is no load on the first track and it is present on the second track currents are distributed by wires in accordance with the coefficients in Table 1, but numbers of tracks must be transposed. Moreover, the coefficients will be valid for the case when there is load on both tracks. Therefore, it can be written:

$$i_{n1} = K_{n1} I_1 + K_{n2} I_2; \quad i_{n2} = K_{n2} I_1 + K_{n1} I_2;$$

$$i_{y1} = K_{y1} I_1 + K_{y2} I_2; \quad i_{y2} = K_{y2} I_1 + K_{y1} I_2;$$

$$i_{s1} = K_{s1} I_1 + K_{s2} I_2; \quad i_{s2} = K_{s2} I_1 + K_{s1} I_2;$$

$$i_{sp} = K_{sp} I_1 + K_{sp} I_2.$$

Substituting these expressions in formulas (1) and (7), after transformation instead of (9) we will obtain

$$\begin{aligned} \Delta U = & \left(\begin{aligned} & a_{n1} K_{n1} + a_{y1} K_{y1} - a_{s1} K_{s1} + a_{n2} K_{n2} + \\ & + a_{y2} K_{y2} - a_{s2} K_{s2} - a_{sp} K_{sp} \end{aligned} \right) i_1 + \\ & + (a_{n1} K_{n2} + a_{y1} K_{y2} - a_{s1} K_{s2} + a_{n2} K_{n1} + \\ & + a_{y2} K_{y1} - a_{s2} K_{s1} - a_{sp} K_{sp}) i_2, \end{aligned} \quad (10)$$

where $a_{n1} = (Z_{n1} - Z_{n1sp}); \quad a_{y1} = (Z_{n1y1} - Z_{y1sp});$

$$a_{s1} = (Z_{n1s1} - Z_{s1sp}); \quad a_{n2} = (Z_{n1n2} - Z_{n2sp});$$

$$a_{y2} = (Z_{n1y2} - Z_{y2sp}); \quad a_{s2} = (Z_{n1s2} - Z_{s2sp});$$

$$a_{sp} = (Z_{n1sp} - Z_{sp}).$$

Expression in brackets when we use i_1 can be called total resistance of one track of a double-track section with separate feeding of tracks and it can be denoted as Z_0 . Expression in second brackets

Table 2

Resistance of one track of a system with SRW and mutual resistance of two tracks

Electric traction network	Transient resistance	Z_0 , Ohm/km	$ Z_0 $, Ohm/km	Z_{obnn} , Ohm/km	$ Z_{\text{obnn}} $, Ohm/km
25 kV	$Z_{\text{nep}} = \infty$	0,214+j0,449	0,498	0,055+j0,175	0,184
	$Z_{\text{nep}} = 0$	0,189+j0,405	0,447	0,030+j0,131	0,134
	Z_{cp}	0,201+j0,427	0,4725	0,042+j0,153	0,159
25 kV with RW	$Z_{\text{nep}} = \infty$	0,141+j0,348	0,375	0,054+j0,155	0,164
	$Z_{\text{nep}} = 0$	0,115+j0,300	0,321	0,028+j0,106	0,110
	Z_{cp}	0,128+j0,324	0,348	0,041+j0,131	0,137
25 kV with SRW	$Z_{\text{nep}} = \infty$	0,121+j0,242	0,271	0,031+j0,063	0,070
	$Z_{\text{nep}} = 0$	0,107+j0,228	0,252	0,017+j0,049	0,052
	Z_{cp}	0,114+j0,235	0,2615	0,024+j0,056	0,061

represents mutual resistance of two tracks. It can be denoted as Z_{obnn} . Then $\Delta U = I_1 Z_0 + I_2 Z_{\text{obnn}}$.

Knowing coefficients of current distribution by wires and values of wires' resistance and mutual induction between wires, Z_0 and Z_{obnn} can be calculated.

The proposed methods for determining current distribution over wires and resistance of power supply system with SRW can be used also in case of exclusion of any wire or of several wires from a multiwire electric traction network. In order to proceed with that operation it is sufficient to remove within the system of equations (8) the columns with currents in the wires excluded on the first and second tracks and lines that take into account their inductive relation on both tracks with other wires. In the expression (10) we will take coefficients of current distribution coefficients in the deenergized wire as $K_i = 0$. For example, for a 25 kV system, we have:

$$Z_0 = a_{n1} K_{n1} + a_{n2} K_{n2} - a_{\text{sp}} K_{\text{sp}}; \quad (11)$$

$$Z_{\text{obnn}} = a_{n1} K_{n2} + a_{n2} K_{n1} - a_{\text{sp}} K_{\text{sp}}. \quad (12)$$

Keywords: railway, multiwire electric traction network, AC, resistance of wires, current distribution, calculation methods, mathematical apparatus.

REFERENCES

1. Karyakin, R.N. AC electric traction network [Tyagovye seti peremennogo toka]. Moscow, Transport publ., 1987, 279 p.
2. Bochev, A.S., Mun'kin, V.V., Figurnov, E. P. Electrotraction network with reinforcing and return wires [Elektrotyagovaya set' s usilivayuschim i obratnym provodami]. Zheleznyye dorogi mira, 1997, № 11, pp. 8–12.
3. Chernov, Yu.A. On the design of power supply equipment of railways [K voprosu o proektirovanii ustroystv elektrosnabzheniya zheleznykh dorog]. Interuniversity

collection of scientific works [Mezhvuz. sb. nauch. trudov]. MIIT, Moscow, 1981, Vol. 684, pp. 3–5.

4. Chernov, Yu.A. Development optimization of electric traction power supply system using dynamic programming [Optimizatsiya razvitiya sistemy tyagovogo elektrosnabzheniya metodom dinamicheskogo programmirovaniya]. Transport Urala, 2012, No. 3, pp. 90–93.

5. Chernov, Yu.A. Power supply of electric railways. Schoolbook [Elektrosnabzhenie elektricheskikh zheleznykh dorog: uchebnoe posobie]. Moscow, MIIT publ., 2005, 154 p.

Координаты авторов (contact information): Чернов Ю. А. (Chernov Yu.A.) – +7 (495) 6842277, Гаврилов М. С. (Gavrilov M. S.) – saratov.user@gmail.com.

Статья поступила в редакцию / article received 02.04.2014
Принята к публикации / article accepted 05.06.2014





О законе распределения вероятностей случайной величины



Марина ЗОТОВА

Marina A.ZOTOVA

В статье исследуется закон распределения вероятностей случайной величины на примере времени реакции на поступающие запросы в центре обработки данных (ЦОД), представленном как система массового обслуживания. Для решения поставленной задачи автор проверяет гипотезы об экспоненциальном распределении, использует в своем исследовании положения теории массового обслуживания и методы имитационного моделирования. Полученные при этом результаты дают вполне обоснованные ориентиры пользователям ЦОД и возможность соотносить расчетные величины с действующими стандартами и растущими потребностями системы.

Ключевые слова: теория массового обслуживания, теория вероятностей, центр обработки данных, распределение вероятностей случайной величины, время реакции, моделирование.

Зотова Марина Александровна – технолог 1-й категории проектно-конструкторско-технологического бюро по системам информатизации (ПКТБ ЦКИ) ОАО «РЖД», аспирант кафедры «Вычислительная техника» Российской открытой академии транспорта Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

Центр обработки данных (ЦОД) работает при случайном потоке запросов на обработку и случайном времени их выполнения. Исследования, проведенные ранее, позволяют представить ЦОД как систему массового обслуживания (СМО) типа $M/M/1/\infty$. Это условное обозначение означает простейший входной поток, экспоненциальное распределение времени обслуживания, одно обслуживающее устройство, бесконечный входной поток, при котором вероятность поступления нового запроса не зависит от того, сколько уже имеется запросов в системе. Расчет времени реакции ЦОД – времени от момента поступления запроса в систему из внешней среды – достаточно согласуется с экспериментальными данными, поэтому искать ответ на вопрос о соответствии работы ЦОД требованиям стандарта ITIL [1] следует, опираясь на разнообразные модели СМО.

Исследования периода создания самых первых человеко-машинных систем, в которых человек решал свои задачи в режиме диалога с машиной, показали, что у пользователя возникают отрицательные эмоции в том случае, если время ответа превышает 2 секунды [2, 3]. Стандарт ЦОД подразуме-

вает, что величину допустимого значения времени реакции разработчик согласовывает с заказчиком системы [1].

В силу того, что время реакции ЦОД – величина случайная, оценивать его на модели можно лишь как среднее значение. Причем необходимо использовать методы теории массового обслуживания и имитационного моделирования, чтобы получить вероятность того, что время ответа превысит наперед заданную величину максимально допустимого времени реакции, предусмотренную стандартами. Если применить модель $M/M/1/\infty$, то тогда закон распределения вероятностей случайной величины – времени пребывания запроса в системе, определяемой как сумма случайных времен пребывания в очереди и собственно времени обслуживания, может быть применен, исходя из следующих соображений.

Если запрос поступает в СМО и застает её свободной с вероятностью p_0 , то тогда время пребывания в системе есть случайная величина, имеющая экспоненциальное распределение с μ -параметром времени обслуживания, поскольку имеет место обработка поступившего запроса.

Если запрос поступает в СМО и застает в ней один запрос на обслуживание с вероятностью p_1 , то тогда время пребывания в системе есть случайная величина, представляющая из себя сумму двух экспоненциальных величин с μ -параметром времени обслуживания. Первая – остаток времени дообслуживания того запроса, что был на обслуживании в момент поступления, вторая – обслуживание вновь поступившего запроса. Из теории вероятностей известно [4], что в случае экспоненциального распределения остаток времени дообслуживания имеет то же самое экспоненциальное распределение с тем же самым параметром μ . Следовательно, распределение времен пребывания в СМО здесь есть распределение Эрланга 2-го порядка [5].

Если запрос поступает в СМО и застает в ней i запросов (один на обслуживании, $(i-1)$ в очереди) с вероятностью p_i , то тогда время пребывания в системе есть случайная величина, представляющая из себя сумму $(i+1)$ экспоненциально распределенных случайных величин с μ – параметром времени обслуживания. Первая – остаток

времени дообслуживания того запроса, что был на обслуживании в момент поступления, остальные – обслуживание запросов, выбранных из очереди, и вновь поступившего запроса. И дообслуживание, и обслуживание принятых запросов из очереди есть случайные величины, имеющие экспоненциальное распределение с одним и тем же параметром μ . Следовательно, распределение времени пребывания в СМО в этом случае есть распределение Эрланга $(i+1)$ -го порядка.

Распределение Эрланга с порядком $v=(i+1)$ и параметром μ имеет плотность распределения вероятностей [5]:

$$f(t) = \mu (\mu t)^{v-1} e^{-\mu t} / (v-1)!, t \geq 0, v > 0. \quad (1)$$

И значит, плотность распределения вероятностей случайной величины – времени пребывания запроса в СМО $f_{reaction}(t)$ выражается формулой:

$$f_{reaction}(t) = \sum_{i=1}^{\infty} p_{i-1} \mu (\mu t)^{v-1} e^{-\mu t} / (v-1)!, t \geq 0. \quad (2)$$

Суммирование проводится от 1 до бесконечности, поскольку СМО $M/M/1/\infty$ получает бесконечный входной поток, следовательно, теоретически имеет место ненулевая вероятность нахождения сколь угодно большого количества запросов.

Вероятности $p_i, i=0,1,2,3,\dots$ вычисляются по формулам, приводимым в теории массового обслуживания [5]. Когда речь идёт о поступлении запроса в систему, то следует говорить об условных вероятностях $\tilde{p}_i, i=0,1,2,3,\dots$ и той ситуации, что запрос встретит там i запросов в момент поступления. В случае замкнутых СМО эти условные вероятности отличаются от стационарных вероятностей нахождения системы в состоянии i . Однако, как показано в [6], для $M/M/1/\infty$ вероятности \tilde{p}_i совпадают со стационарными вероятностями нахождения СМО в состоянии i .

Нетрудно увидеть, что использовать громоздкую формулу (2) для вычисления вероятности того, что случайная величина превысит наперед заданную, довольно сложно при инженерных расчетах, так как необходимо выполнить численное интегрирование. Поэтому применим метод имитационного (статистического) моделирования [7]. А именно возьмем общепе-





```

* МОДЕЛЬ РАЗОМКНУТОЙ Системы массового ОБСЛУЖИВАНИЯ
типа M/M/1/бесконечность
* 1 ЕДИНИЦА МОДЕЛЬНОГО ВРЕМЕНИ = 0,1 МИЛЛИСЕКУНДЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ
SIMULATE
EXPON FUNCTION RN1,C24 ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЕ РАС. ПРЕДЕЛЕНИЕ (СРЕ ДНЕЕ=1)
0,0/1,104/2,222/3,355/4,509/5,69/
0,6,915/7,12/75,138/8,16/84,183/88,212/
0,9,2,3/92,2,5/94,2,8/95,2,99/96,3,2/97,3,5/
0,98,3,9/99,4,6/995,5,3/998,6,2/999,7/9997,8,0
XTIME TABLE M1,0,1000,50
INPUTGENERATE 189 0, FN$EXPON RАССОСЛОВИЙ ВХОДНОГО ПОТОКА
QUEUE SYSTEM ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ В СИСТЕМЕ
* ИМИТИРУЕМ ОБСЛУЖИВАНИЕ В СМО
QUEUE PHASE1 ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ В ФАЗЕ 1
QUEUE LINE1 ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ В ОЧЕРЕДИ 1
SEIZE SMO1 ЗАНЯТИЕ ОДНОГО КАНАЛА ОБСЛУЖИВАНИЯ В СМО1
DEPART LINE1 ОКОНЧАНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ В ОЧЕРЕДИ 1
OBSLU ADVANCE 1 89, FN$EXPON ИМИТАЦИЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ В ФАЗЕ 1
RELEASE SMO1 ОСВОБОЖДЕНИЕ ОДНОГО КАНАЛА ОБСЛУЖИВАНИЯ В СМО1
DEPART PHASE1 ОКОНЧАНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ В ФАЗЕ 1
DEPART SYSTEM ОКОНЧАНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ В СИСТЕМЕ
TABULATE XTIME ГИСТОГРАММА СУММАРНОГО ВРЕМЕНИ
TERMINATE 1
START 10000, NP РАЗГОН МОДЕЛИ
RESET СБРОС НАКОПЛЕННЫХ СТАТИСТИК
START 10000 ОСНОВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
CLEAR
OBSLU ADVANCE 900, FN$EXPON ИМИТАЦИЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ В ФАЗЕ 1
START 10000, NP РАЗГОН МОДЕЛИ
RESET СБРОС НАКОПЛЕННЫХ СТАТИСТИК
START 10000 ОСНОВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
END

```

Рис. 1. GPSS-модель для получения гистограммы времени реакции ЦОД.

вую систему моделирования дискретных сложных систем GPSS [8].

Модель СМО на языке GPSS выглядит относительно просто и представлена на рис. 1.

Среднее время выполнения запроса в мэйнфрейме ЦОД составляет 0,0189 с для варианта с производительностью 5939 Mips. В модели за единицу времени принято 0,1 мс, поэтому первый параметр блока *GENERATE*, имитирующего простейший поток запросов в СМО, равен 1890 единицам модельного времени, а первый параметр блока *ADVANCE*, имитирующего время обслуживания – 189 единицам. При таких параметрах коэффициент загрузки обслуживающего устройства с именем СМО1 теоретически должен быть равен 0,1.

Результаты моделирования показывают, что полученная экспериментальным путем (моделированием) нагрузка устройства FACILITY/UTIL составляет 0,099, то есть практически равна теоретической.

Гистограмма случайной величины – времени пребывания запроса в системе описывается строками:

TABLE	MEAN	STD. DEV.	RANGE	RETRY	FREQUENCY	CUM. %
XTIME	209,869	206,684		0		
	0,000	-	100,000		3808	38,08
	100,000	-	200,000		2271	60,79
	200,000	-	300,000		1512	75,91
	300,000	-	400,000		898	84,89
	400,000	-	500,000		585	90,74
	500,000	-	600,000		381	94,55
	600,000	-	700,000		207	96,62
	700,000	-	800,000		129	97,91
	800,000	-	900,000		84	98,75
	900,000	-	1000,000		46	98,21
	1000,000	-	1100,000		34	99,55
	1100,000	-	1200,000		20	99,75
	1200,000	-	1300,000		10	99,85
	1300,000	-	1400,000		6	99,91
	1400,000	-	1500,000		3	99,94
	1500,000	-	1600,000		3	99,97
	1600,000	-	1700,000		1	99,98
	1700,000	-	1800,000		0	99,98
	1800,000	-	1900,000		0	99,98
	1900,000	-	2000,000		1	99,99
	2000,000	-	2100,000		0	99,99
	2100,000	-	2200,000		0	99,99
	2200,000	-	2300,000		1	100,00

Таблица 1

Вероятности того, что время реакции ЦОД будет не больше T, при коэффициенте нагрузки 0,1

Коэффициент загрузки	Граница, T	Вероятность
0,1	< 0,0100 с.	0,3443
	< 0,0200 с.	0,5647
	< 0,0300 с.	0,7145
	< 0,0400 с.	0,8114
	< 0,0500 с.	0,8770
	< 0,0600 с.	0,9212
	< 0,0700 с.	0,9462
	< 0,0800 с.	0,9647
	< 0,0900 с.	0,9763
	< 0,1000 с.	0,9834
	< 0,1100 с.	0,9897
	< 0,1200 с.	0,9930
	< 0,1300 с.	0,9959
	< 0,1400 с.	0,9975
	< 0,1500 с.	0,9986
< 0,1700 с.	0,9994	

Среднее время пребывания в системе – 209,869, средне-квадратическое отклонение (корень квадратный из дисперсии) этой величины – 206,684. Таким образом, коэффициент вариации случайной величины практически равен 1, что позволяет (основываясь на частотах попадания в ряды гистограммы) сделать предположение о том, закон распределения вероятностей случайной величины – времени пребывания в СМО – экспоненциальный.

Проверка гипотезы об экспоненциальном распределении с помощью χ^2 – квадрата критерия показала, что гипотеза может быть принята с доверительной вероятностью 0,62269368. Этот результат ожидаем, так как основной вклад в случайную величину – время реакции ЦОД вносит первое слагаемое в формуле (2), при этом среднее число запросов в системе (по результатам моделирования) составляет 0,1, а среднее время в системе – 209,869, что незначительно отличается от чистого времени обслуживания.

Результаты в графическом виде представлены на рис. 2. Прямоугольники – экспериментальная гистограмма, полученная путем имитационного моделирования. Кривая плотности распределения вероятностей показана пунктиром. По оси x

Таблица 2
Вероятности того, что время реакции ЦОД
будет не больше T для коэффициента
нагрузки 0,225537

Коэффициент загрузки	Граница, T	Вероятность
0,225537	< 0,0100 с.	0,3355
	< 0,0200 с.	0,5516
	< 0,0300 с.	0,7030
	< 0,0400 с.	0,7990
	< 0,0500 с.	0,8675
	< 0,0600 с.	0,9148
	< 0,0700 с.	0,9402
	< 0,0800 с.	0,9600
	< 0,0900 с.	0,9716
	< 0,1000 с.	0,9802
	< 0,1100 с.	0,9866
	< 0,1200 с.	0,9911
	< 0,1300 с.	0,9944
	< 0,1400 с.	0,9968
	< 0,1500 с.	0,9981
< 0,1600 с.	0,9993	

Таблица 3
Вероятности того, что время реакции ЦОД
будет не больше T для коэффициента
нагрузки 0,9

Коэффициент загрузки	Граница, T	Вероятность
0,9	< 0,0400 с.	0,2295
	< 0,0800 с.	0,3942
	< 0,1200 с.	0,5194
	< 0,1600 с.	0,6093
	< 0,2000 с.	0,6929
	< 0,2400 с.	0,7566
	< 0,2800 с.	0,8193
	< 0,3200 с.	0,8633
	< 0,3600 с.	0,8977
	< 0,4000 с.	0,9230
	< 0,4400 с.	0,9423
	< 0,4800 с.	0,9610
	< 0,5200 с.	0,9739
	< 0,5600 с.	0,9824
	< 0,6000 с.	0,9877
	< 0,6400 с.	0,9913
	< 0,6800 с.	0,9932
	< 0,7200 с.	0,9953
	< 0,7600 с.	0,9978
	< 0,8000 с.	0,9992

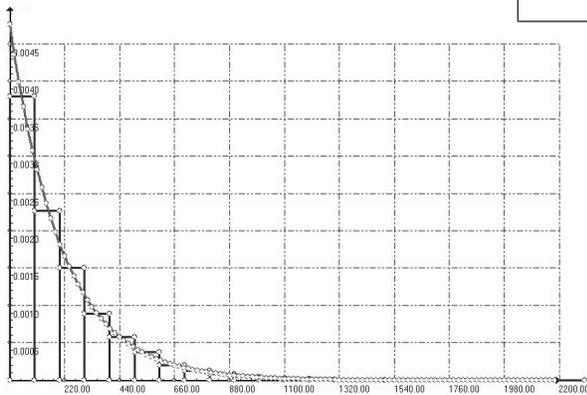


Рис. 2. Нагрузка 0,1. Гистограмма и экспоненциальное распределение.

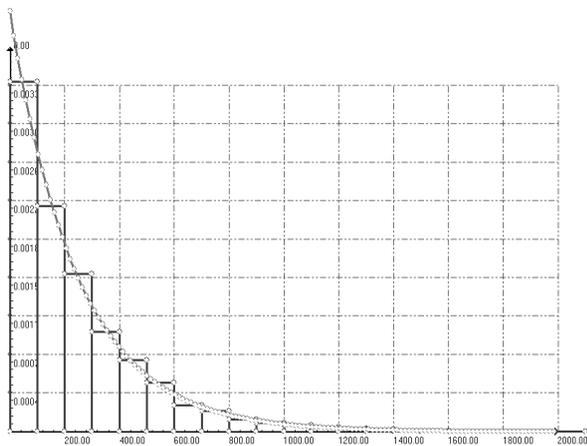
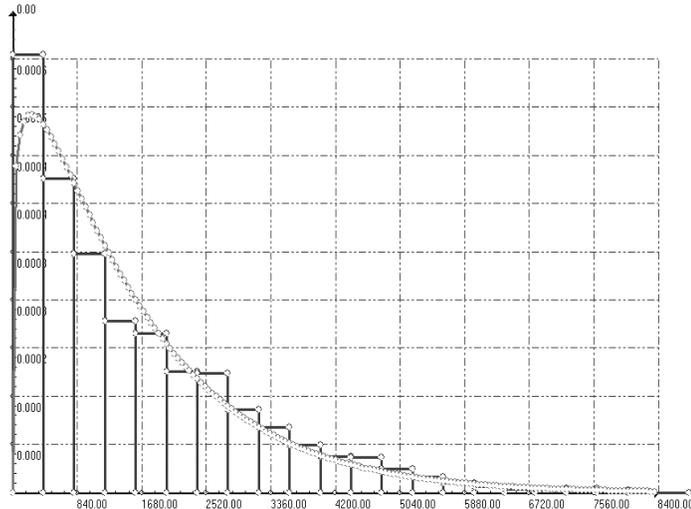


Рис. 3. Нагрузка 0,225537. Гистограмма и экспоненциальное распределение.





Рис. 4. Нагрузка 0,9. Гистограмма и гамма-распределение. Порядок распределения 1,18370930, параметр $1/\mu = 1333,70355714$ единиц модельного времени.



указаны единицы модельного времени.

Моделирование ЦОД как СМО при уровне нагрузки 0,1 позволило получить вероятности того, что время реакции будет меньше некоторой величины T – таблица 1.

Результаты оптимизации режима ЦОД показали, что центр работает при коэффициенте нагрузки 0,225537 (таблица 2). Моделирование при 838 единицах модельного времени дало среднее время в системе 248,047, средне-квадратическое отклонение этой величины – 247,601. Таким образом, получаем распределение, близкое к экспоненциальному. Результаты в графическом виде представлены на рисунке 3, вероятности того, что время реакции будет меньше некоторой величины T в таблице 2.

При оптимальном режиме ЦОД время выполнения практически всех запросов не превысит 0,12 с.

Было проведено моделирование ЦОД при высокой нагрузке 0,9. Среднее время пребывания в системе составило 1578,7173 единиц модельного времени, средне-квадратическое отклонение – 1451,0482 единиц модельного времени. Результаты по вычислению вероятностей того, что время реакции не превысит некоторой границы, представлены в таблице 3.

График функции плотности распределения вероятностей времени реакции ЦОД при загрузке 0,9 представлен на рисунке 4.

Проверялась гипотеза о том, что случайная величина – время пребывания запроса

в СМО имеет гамма-распределение с плотностью:

$$f(t) = \mu (\mu t)^{\nu-1} e^{-\mu t} / \Gamma(\nu-1), t \geq 0, \quad (4)$$

где $\Gamma(\nu)$ – гамма-функция:

$$\Gamma(\nu) = \int_0^{\infty} e^{-t} t^{\nu-1} dt. \quad (5)$$

Для целых значений $\Gamma(\nu)$ есть простой факториал $(\nu-1)!$.

Проведенные исследования показали, что в случае использования мэйнфрейма с производительностью 5939 Mips время реакции ЦОД практически не превысит величины 0,64 с даже при очень большой нагрузке 0,9.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ян Ван Бон, Георгес Кеммерлинг, Дик Пондман. Введение в ИТ-сервис-менеджмент: IT Infrastructure Library. Перевод на русский язык под ред. Потоцкого М. Ю., гл. редактор английской версии: Ян Ван Бон (Jan van Bon), 2003, 228 с. Электронный ресурс: [http://www.yessoft.ru/ITIL/ITIL-Introduction%20to%20itSMF \(rus\) –2003.pdf](http://www.yessoft.ru/ITIL/ITIL-Introduction%20to%20itSMF%20(rus)-2003.pdf). Дата доступа 20.06.2014.
2. Шерр А. Анализ вычислительных систем с разделением времени. – М.: Мир, 1970. – 135 с.
3. Сакман Г. Решение задач в системе человек–ЭВМ. – М.: Мир, 1973, 351 с.
4. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. – М.: Высшая школа, 2000. – 480 с.
5. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. – М.: Наука, Физматгиз, 1969. – 576 с.
6. Джейсуол Н. Очереди с приоритетами. – М.: Мир, 1973. – 280 с.
7. Вентцель Е. С. Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.
8. Кудрявцев Е. М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 320 с. ●

ON THE LAW OF PROBABILITY DISTRIBUTION OF A RANDOM VARIABLE

Zotova, Marina A. – 1st category technologist at Design-Technological Bureau for Information Systems Development (PKTB TSKI) of JSC «Russian Railways», Ph.D. student of the department of computer engineering of Russian Open Transport Academy of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

ABSTRACT

The article provides a study on probability distribution of a random variable at the example of response time to enquiry within the data processing center (hereinafter-DPC), considered as a queuing system. To solve this problem the author examines the hypothesis of an exponential distribution, uses in the study queuing theory and simulation methods. The results obtained provide a well-founded guidance to DPC users and ability to correlate computed values with existing standards and growing needs of information system's users.

ENGLISH SUMMARY

Background. Data Processing Center (DPC) functions in the environment of random stream of requests for processing and of random time of their execution. Studies conducted earlier, allow considering DPC as a queuing system (hereinafter-QS) of $M/M/1/\infty$ type. This reference designation means a simple input stream, exponential service time distribution, one processor, infinite input stream, when a probability of a new enquiry does not depend on the number of enquiries, already existing in the system. Calculating DPC response time (time elapsed from the moment of the enquiry's input from external environment) is quite consistent with experimental data, that is why search for the answer to the question of compliance of DPC operations with requirements of standard ITIL [1], should be based on a variety of QS models.

Studies on the period of engineering of the first man-machine systems, in which people solved their problems through dialogue with the machine, show that a user has negative emotions if response time exceeds 2 seconds [2, 3]. DPC standard means that developer should negotiate allowable response time with client of the system [1].

Objective. The objective of the author is to study application of the law of probability distribution of a random variable at the example of DPC response time using hypothesis of exponential distribution.

Methods. Due to the fact that DPC response time is a random variable, it can be evaluated using a certain model only as a mean value. Thus in order to obtain a probability that response time will exceed the predetermined value of maximum allowable time of reaction, provided by standards, it is necessary to use methods of queuing theory and simulation. If model $M/M/1/\infty$ is applied, then the probability distribution of a random variable (life time of enquiry within the system, defined as the sum of random queuing time and of service proceeding time itself) can be applied based on the considerations given below.

Results. If a request comes in QS and finds it free with probability p_0 , then stay period in the system is a random variable having an exponential distribution with μ -parameter of service time since there is processing of the request.

If a request comes in QS and finds another input service request, already existing in the system, with probability p_1 , then stay period in the system is a random variable, which is a sum of two exponential variables with μ -parameter of service time. The first exponential value is a remainder of time necessary to finish the proceeding of the request which existed in the system at the moment

of the input of a new request, the second exponential value is linked to processing of a new request. According to probability theory it is known [4] that in case of exponential distribution, a remainder of afterservice time has the same exponential distribution with the same parameter μ . Consequently, time distribution of stay in the QS is Erlang distribution of the 2nd order [5].

If a request comes in the QS and finds that there are i requests in it (one for service, $(i-1)$ in the queue) with probability p_i , then stay period in the system is a random variable, which is the sum $(i+1)$ of exponentially distributed random variables with μ -parameter of service time. The first one is a remainder of afterservice time of a request that was at processing at the time of input of new request in the system, the rest are linked with servicing of requests selected from the queue, and of a new request. Afterservice and service of requests received from the queue are random variables having an exponential distribution with the same parameter μ . Consequently, time distribution of stay in the QS is in this case Erlang distribution of $(i+1)$ order.

Erlang distribution with order $v=(i+1)$ and parameter μ has density of probability distribution [5]:

$$f(t) = \mu (\mu t)^{v-1} e^{-\mu t} / (v-1)!, t \geq 0, v > 0. \quad (1)$$

And that means that density of probability distribution of a random variable (stay period of a request in QS) $f_{\text{reaction}}(t)$ is defined by formula:

$$f_{\text{reaction}}(t) = \sum_{i=1}^{\infty} p_{i-1} \mu (\mu t)^{v-1} e^{-\mu t} / (v-1)!, t \geq 0. \quad (2)$$

Summation is made from 1 to infinity, because QS $M/M/1/\infty$ receives an infinite input stream, thus theoretically there is a non-zero probability that there is an arbitrarily large number of requests.

Probabilities $p_i, i=0,1,2,3,\dots$ are calculated by formulas given in queuing theory [5]. When a request comes in a system, we should talk about conditional probabilities $\tilde{p}_i, i=0,1,2,3,\dots$ and the situation that the request will meet there i requests at the moment of its input. In case of closed QS these conditional probabilities differ from the stationary probabilities of finding the system in state i . However, as it is shown in [6], for $M/M/1/\infty$ probabilities \tilde{p}_i coincide with stationary probabilities of finding QS in state i .

It is easy to see that it is quite difficult to use cumbersome formula (2) for engineering calculations of a probability that a random variable exceeds a predetermined value, since it is necessary to perform numerical integration. Therefore we shall use the methods of simulation (statistical modelling) [7]. Namely, we take a general-purpose simulation system of discrete complex systems GPSS [8].

QS model in GPSS language looks relatively simple and it is shown in Pic. 1.

Average query time in DPC mainframe is 0,0189 s for an option with performance of 5939 Mips. The model takes 0,1 ms as a time unit, so the first parameter of the block GENERATE, simulating simple request stream in the QS, is equal to 1890 model time units, and the first parameter of the block ADVANCE, simulating service time, is equal to 189 time units. With these parameters, load factor of a processor QS1 theoretically should be equal to 0,1.





```
* MODEL OF OPEN-END Queueing system type M/M/1 infinity
* 1 MODEL TIME UNIT = 0.1 MILLISECOND OF REAL TIME
SIMULATE
EXPON FUNCTION RN1,C24 EXPONENTIAL DISTRIBUTION ( AVERAGE =1)
0,0/1,104/2,222/3,355/4,509/5,69/
0,6,915 /7,1,2/7,5,1,38/8,1,6/8,4,1,83/8,8,2,12/
0,9,2,3/9,2,2,52/9,4,2,81/9,5,2,99/9,6,3,2/9,7,3,5/
0,98,3,9/99,4,6/99,5,3/99,6,2/99,7,1/99,7,8,0
XTIME TABLE M1,0,1000,50
INPUTGENERATE 1890, FNSEXPON POISSON INPUT STREM
QUEUE SYSTEM MEASURING TIME IN THE SYSTEM
* SIMULATE SERVICE IN QS
QUEUE PHASE1 MEASURING TIME IN PHASE 1
QUEUE LINE1 MEASURING TIME IN QUEUE 1
SEIZE CMO1 OCCUPANCY OF ONE SERVICE CHANNEL IN QS1
DEPART LINE1 END OF TIME MEASURING IN QUEUE 1
OBSLU ADVANCE 189, FNSEXPON SERVICE SIMULATION IN PHASE 1
RELEASE CMO1 RELEASE OF ONE SERVICE CHANNEL IN QS1
DEPART PHASE1 END OF TIME MEASURING IN PHASE 1
DEPART SYSTEM END OF TIME MEASURING IN THE SYSTEM
TABULATE XTIME HISTOGRAM OF TOTAL TIME
TERMINATE 1
START 10000, NP MODEL OVERCLOCKING
RESET RESET OF ACCUMULATED STATISTICS
START 10000 BASIC SIMULATION
CLEAR
OBSLU ADVANCE 900, FNSEXPON SERVICE SIMULATION IN PHASE 1
START 10000, NP MODEL OVERCLOCKING
RESET RESET OF ACCUMULATED STATISTICS
START 10000 BASIC SIMULATION
END
```

Pic. 1. GPSS-model to receive histogram of DPC response time.

The simulation results show that the experimentally obtained (by simulation) load of a device FACILITY/UTIL is 0,099, that is almost equal to the theoretical one.

Histogram of a random variable (stay period of request in the system) is described by lines:

TABLE	MEAN	STD. DEV.	RANGE	RETRY FREQUENCY	CUM. %
XTIME	209,869	206,684		0	
	0,000	100,000	3808	38,08	
	100,000	200,000	2271	60,79	
	200,000	300,000	1512	75,91	
	300,000	400,000	898	84,89	
	400,000	500,000	585	90,74	
	500,000	600,000	381	94,55	
	600,000	700,000	207	96,62	
	700,000	800,000	129	97,91	
	800,000	900,000	84	98,75	
	900,000	1000,000	46	99,21	
	1000,000	1100,000	34	99,55	
	1100,000	1200,000	20	99,75	
	1200,000	1300,000	10	99,85	
	1300,000	1400,000	6	99,91	
	1400,000	1500,000	3	99,94	
	1500,000	1600,000	3	99,97	
	1600,000	1700,000	1	99,98	
	1700,000	1800,000	0	99,98	
	1800,000	1900,000	0	99,98	
	1900,000	2000,000	1	99,99	
	2000,000	2100,000	0	99,99	
	2100,000	2200,000	0	99,99	
	2200,000	2300,000	1	100,00	

The average stay period in the system is 209,869, root-mean-square deviation (square root of dispersion) of this variable is 206,684. Thus, the coefficient of variation of a random variable is almost equal to 1, that allows (taking into account histogram frequency) making an assumption that the law of distribution of a random variable (stay period in QS) is exponential.

Testing the hypothesis of an exponential distribution with the help of χ^2 (a square of criterion) showed that the hypothesis can be accepted with confidence probability of 0,62269368. This result was expected, since the main contribution to the random variable (DPS response time in our case) is made by the first summand to the formula (2), while average number of requests in the system (simulation results) is 0,1, and average time in the system is 209,869 that is slightly different from pure service time.

Results are presented graphically in Pic. 2. Rectangles represent experimental histogram obtained by simulation. Curve of probability distribution density is shown dotted. Model time units are indicated on x-axis.

DPC simulation as of a QS at load level of 0,1 made it possible to receive probabilities that response time will be less than a certain value T (see Table 1).

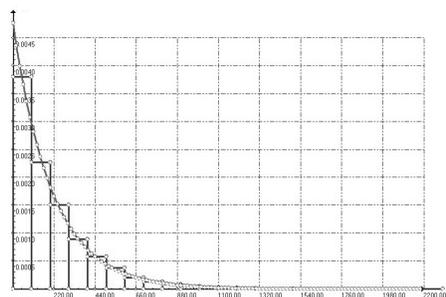
The results of optimization of DPC mode showed that the DPC operates at a load factor of 0,225537 (Table 2). Simulation at 838 model time units gave average time in the system of 248,047; root-mean-square deviation of this value is 247,601. Thus, we

Table 1 Probabilities that DPC response time will not be more than T, with load factor 0,1

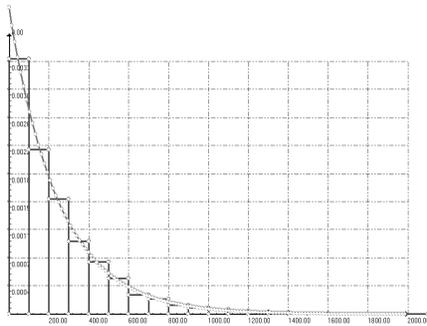
Load factor	Border, T	Probability
0,1	< 0,0100 s.	0,3443
	< 0,0200 s.	0,5647
	< 0,0300 s.	0,7145
	< 0,0400 s.	0,8114
	< 0,0500 s.	0,8770
	< 0,0600 s.	0,9212
	< 0,0700 s.	0,9462
	< 0,0800 s.	0,9647
	< 0,0900 s.	0,9763
	< 0,1000 s.	0,9834
	< 0,1100 s.	0,9897
	< 0,1200 s.	0,9930
	< 0,1300 s.	0,9959
	< 0,1400 s.	0,9975
	< 0,1500 s.	0,9986
< 0,1700 s.	0,9994	

Table 2 Probabilities that DPC response time will not be more than T at load factor 0,225537

Load factor	Border, T	Probability
0,225537	< 0,0100 s.	0,3355
	< 0,0200 s.	0,5516
	< 0,0300 s.	0,7030
	< 0,0400 s.	0,7990
	< 0,0500 s.	0,8675
	< 0,0600 s.	0,9148
	< 0,0700 s.	0,9402
	< 0,0800 s.	0,9600
	< 0,0900 s.	0,9716
	< 0,1000 s.	0,9802
	< 0,1100 s.	0,9866
	< 0,1200 s.	0,9911
	< 0,1300 s.	0,9944
	< 0,1400 s.	0,9968
	< 0,1500 s.	0,9981
< 0,1600 s.	0,9993	



Pic. 2. Load is 0,1. Histogram and exponential distribution.



Pic. 3. Load is 0,225537. Histogram and exponential distribution.

obtain a distribution close to exponential. The results are presented in graphical form in Pic. 3, probabilities that response time will be less than a certain value T are shown in Table 2.

At optimal DPC mode service time for almost all requests will not exceed 0,12 s.

High (0,9) load of DPC was simulated. Average stay period in the system was 1578, 7173 model time units, root-mean-square deviation – 1451,0482 model time units. The results of computing a probability that response time does not exceed a certain border are presented in Table 3.

Graph of probability distribution density of DPC response time at load 0,9 is shown in Pic. 4.

The hypothesis was tested that a random variable (stay period of a request in the QS) has gamma distribution with density:

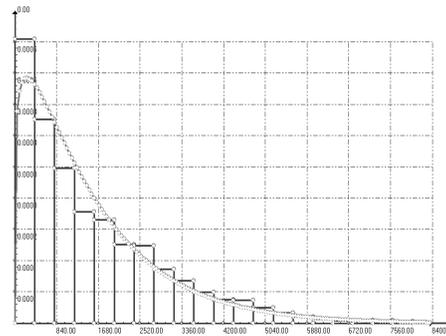
$$f(t) = \mu (\mu t)^{\nu-1} e^{-\mu t} / \Gamma(\nu-1), t \geq 0, \quad (4)$$

where $\Gamma(\nu)$ – gamma-function:

$$\Gamma(\nu) = \int_0^{\infty} e^{-t} t^{\nu-1} dt. \quad (5)$$

For integer values $\Gamma(\nu)$ there is a simple factorial ($\nu-1$).

Conclusion. Studies have shown that in case of mainframe with performance 5939 Mips DPC response time will not exceed 0,64 seconds, even at a very high load (0,9).



Pic. 4. Load is 0,9. Histogram and gamma distribution. The order of distribution is 1, 18370930, parameter $1/\mu = 1333, 70355714$ model time units.

Table 3
Probabilities that DPC response time will not be more than T at load factor 0,9

Load factor	Border, T	Probability
0,9	< 0,0400 s.	0,2295
	< 0,0800 s.	0,3942
	< 0,1200 s.	0,5194
	< 0,1600 s.	0,6093
	< 0,2000 s.	0,6929
	< 0,2400 s.	0,7566
	< 0,2800 s.	0,8193
	< 0,3200 s.	0,8633
	< 0,3600 s.	0,8977
	< 0,4000 s.	0,9230
	< 0,4400 s.	0,9423
	< 0,4800 s.	0,9610
	< 0,5200 s.	0,9739
	< 0,5600 s.	0,9824
	< 0,6000 s.	0,9877
	< 0,6400 s.	0,9913
< 0,6800 s.	0,9932	
< 0,7200 s.	0,9953	
< 0,7600 s.	0,9978	
< 0,8000 s.	0,9992	

Keywords: queuing theory, probability theory, data processing center, probability distribution of random variables, response time, simulation.

REFERENCES

1. Jan van Bon, et al. IT Service Management: An Introduction [Vvedenie v IT Servis-menedzhment]. Russian edition. Translated into Russian under the ed. of Pototsky, M.Yu. IT InfrastructureLibrary, 2003, 228 p. Electronic version: [http://www.yessoft.ru/ITIL/ITIL-Introduction%20to%20itSMF \(rus\) –2003.pdf](http://www.yessoft.ru/ITIL/ITIL-Introduction%20to%20itSMF%20(rus)-2003.pdf). Last accessed 20.06.2014.
2. Sherr, A. An Analysis of Time-Shared Computer Systems [Analiz vychislitel'nyh sistem s razdeleniem vremeni]. Moscow, Mir publ., 1970, 135 p.
3. Sakman, H. Man-computer problem solving: experimental evaluation of time-sharing and batch processing [Reshenie zadach v sisteme chelovek-EVM]. Moscow, Mir publ., 1973, 351 p.

4. Venttsel, E. S., Ovcharov, L. A. Probability theory and its engineering applications [Teoriya veroyatnostey i ee inzhenernye prilozheniya]. Moscow, Vysshaya shkola publ., 2000, 480 p.
5. Venttsel, E. S. Probability theory [Teoriya veroyatnostey]. Moscow, Nauka, Fizmatgiz publ., 1969, 576 p.
6. Jaiswal, N. K. Priority Queues [Ocheredi s prioritetaми]. Moscow, Mir publ., 1973, 280 p.
7. Venttsel, E. S. Operations' research [Issledovanie operatsiy]. Moscow, Sovetskoe radio publ., 1972, 552 p.
8. Kudryavtsev, E.M. GPSS World. Fundamentals of simulation of various systems [GPSS World. Osnovy imitatsionnogo modelirovaniya razlichnyh system]. Moscow, DMK Press publ., 2004, 320 p.

Координаты автора (contact information): Зотова М. А. (Zotova M. A.) – mzotova@zmail.ru.

Статья поступила в редакцию / article received 27.03.2014
Принята к публикации / article accepted 22.05.2014





Моделирование СУБД с ограниченной циркуляцией сегментов



Ирина САФОНОВА
Irina E. SAFONOVA

Яков ГОЛДОВСКИЙ
Yakov M. GOLDOVSKIY



Борис ЖЕЛЕНКОВ
Boris V. ZHELENKOV

Сафонова Ирина Евгеньевна – доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

Голдовский Яков Михайлович – кандидат технических наук, доцент МИИТ, Москва, Россия. Желенков Борис Владимирович – кандидат технических наук, доцент МИИТ, Москва, Россия.

В распределенной базе данных вся информация разделена на сегменты, которые находятся на различных рабочих станциях. При ограниченной циркуляции сегментов для каждого из них на сервере создается таблица адресов рабочих станций, где отдельно взятый сегмент должен обрабатываться. Создана система моделирования, с помощью которой можно проследить, как разные параметры влияют на время ожидания сегментов рабочими станциями, а также выявить преимущества и недостатки двух архитектур систем управления базами данных – централизованной и с ограниченной циркуляцией сегментов.

Ключевые слова: информация, система управления базой данных, производительность системы, циркуляция сегментов, моделирование.

Важным направлением развития вычислительных систем является разработка высокопроизводительных СУБД – систем управления базами данных. Непрерывно возрастающие возможности современных компьютерных сетей ставят перед разработчиками проблему выбора, а в некоторых случаях и модернизации архитектуры СУБД. Модернизация, в свою очередь, не обходится без предварительного моделирования [1, 2].

Существует множество языков и систем моделирования: GPSS, AnyLogic, ДАСИМ и т. д., которые имеют свои преимущества и недостатки [1, 6–8]. Например, такие языки, как GPSS, обладают немалым потенциалом для построения и анализа моделей, но сложны в использовании, и разработка модельных схем с их участием требует навыков в программировании и может занимать много времени. Распределенные системы имитационного моделирования применяются поэтому лишь для увеличения вычислительных возможностей, но не для взаимодействия моделей.

С учетом проведенного в [3] анализа можно считать, что все имеющиеся системы моделирования не позволяют создавать модели, взаимодействующие между собой

по каналам связи компьютерной сети. Это и послужило причиной для разработки своей оригинальной системы моделирования, которая реализует сетевую СУБД с ограниченной циркуляцией сегментов. Частным ее случаем становится централизованная архитектура СУБД, если используется один сегмент для всей базы данных. Одновременно следует отметить, что на кафедре «Вычислительные системы и сети» МИИТ под руководством профессора А. Б. Барского проводятся исследования сетевых баз данных с циркулирующей информацией.

ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА

В данный момент применяются следующие технологии обмена информации в сетевых базах данных (БД): файловый сервер, клиент-сервер, циркулирующие [4, 5]. В циркулирующих БД предполагается разделение баз данных на части – сегменты. Сегментом может быть группа таблиц, одна таблица, группа записей, одна запись. Все это зависит от настройки СУБД в каждом отдельном случае. Далее термин «сегмент» будем использовать для обозначения минимальной единицы данных из базы, которая передается по сети.

При доступе большого числа пользователей к некоторой базе данных каждому из них требуется или один сегмент БД (простой запрос), или несколько таких сегментов (сложный запрос), но в сетевой БД информация находится на сервере, и в каждый момент времени сегмент может быть доступен только одному пользователю. В статье [5] показано, что обработка любой современной БД полностью реализуется SPMD-технологией [4], причем основная концепция этой технологии относительно БД заключается в превращении ее из одноканальной в многоканальную систему массового обслуживания (СМО). В этом случае СУБД является каналом обслуживания, и она должна быть размножена на всех рабочих станциях (РС).

Работа с БД осуществляется по одной программе, но в зависимости от полей, которые необходимо обрабатывать, выполнение этой программы может происходить по разным ветвям алгоритма, а потому выбираются и различные сегменты БД, т. е.

каждый из них обрабатывается по собственному алгоритму.

В результате любая СУБД обслуживает поток запросов со «своей» РС. Это позволяет разделить общий поток запросов к БД (ρ), ослабив влияние критического соотношения:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1, \quad (1)$$

где λ – интенсивность потока запросов к БД, μ – интенсивность потока обслуживания.

Соотношение (1) влияет на среднее время обслуживания запроса ($T_{обсл}$):

$$T_{обсл} = \frac{t_{обсл}}{1 - \rho}, \quad (2)$$

где $t_{обсл}$ – «чистое» время обработки одного запроса.

Если предположить, что при расположении СУБД на каждой РС время обслуживания будет зависеть только от ситуации, складывающейся на станции, тогда:

$$T_{обсл} = \frac{t_{обсл}}{1 - \rho_1}, \quad (3)$$

где $\rho_1 = \frac{\lambda}{n\mu}$, n – число РС.

Для централизованной БД недостатком реализации доступа к данным является то, что они находятся на одном сервере, и возникают очередь при обращении к нему, существенные задержки в работе.

В распределенной БД вся информация разделена на сегменты, которые находятся на различных РС. Но при этом появляется ряд проблем, связанных с тем, каким образом будет осуществляться доступ к сегменту БД, расположенному на некоторой i -й РС с другой $i+n$ -й.

Если использовать принципы циклической циркуляции сегментов БД в сети, то решается проблема синхронизации и доступа. Все сегменты последовательно переходят от одной РС к другой, но здесь необходим механизм, обеспечивающий циркуляцию сегментов только между теми станциями, которые с ними взаимодействуют. В [4] предложен такой механизм – метод ограниченной циркуляции или адресации сегментов. В той же статье приводится описание технологии работы



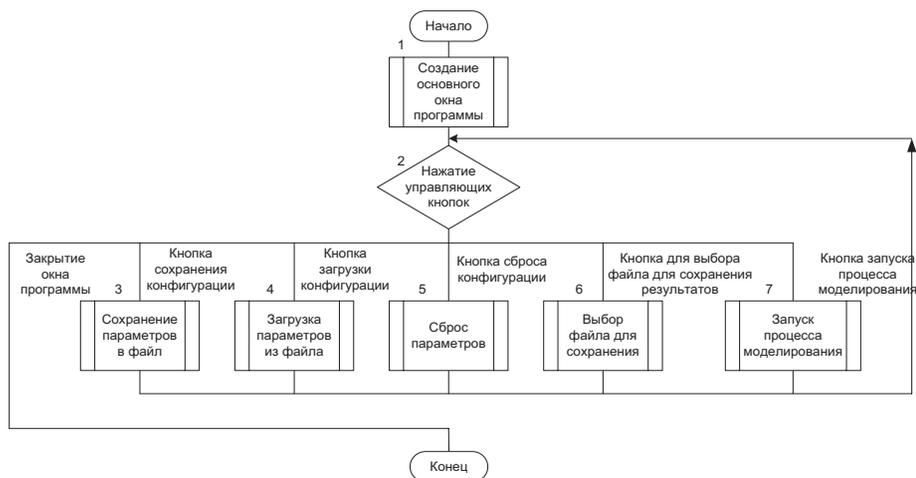


Рис. 1. Блок-схема модуля взаимодействия пользователя с системой.

БД с ограниченной циркуляцией сегментов, показано поведение РС при доступе к сегментам, приведен анализ времени выполнения запросов и разрешения конфликтов при обработке сложных запросов к сетевой БД с циркулирующей информацией, а также алгоритм поиска и устранения перекрестных ссылок.

Для каждого сегмента на сервере создается таблица адресов (ТА) рабочих станций, на которых тот или иной сегмент должен обрабатываться. Эта таблица динамически изменяется во времени. ТА станций включает в себя: поле, содержащее список адресов (номеров, имен) РС, к которым направляется сегмент; коэффициент частоты обращений РС к данному сегменту (это число обращений за некоторый временной интервал) и другую статистическую информацию [4, 5]. Кроме ТА формируется список приоритетных адресов РС, который постоянно находится на ней.

Основную функцию по передаче и модификации таблицы адресов выполняет сервер, она аналогична работе РС по передаче сегмента, но с той лишь разницей, что для сложных запросов генерируется соответствующий коэффициент – приоритет сложного запроса [5]. Рабочая станция выполняет простые действия по генерации номера записи, определению номера сегмента для этой записи и вызову метода получения сегмента. Пока РС не получит все необходимые ей сегменты, никаких действий она не выполняет. Затем ею прибавляется время, потребовавшееся для

получения сегмента на обработку, к общей для всех РС переменной, а также инкриминируется другая общая переменная для последующего вычисления среднего времени ожидания (первая переменная будет разделена на вторую).

В качестве дополнительных возможностей по уменьшению загрузки сервера, на котором хранится база данных, можно использовать вариант распределения сегментов БД по нескольким вспомогательным серверам [4, 5]. При этом имеются в виду различные алгоритмы. Их использование зависит от таких параметров, как частота обращений, размер, среднее количество рабочих станций, между которыми циркулирует сегмент, расстояние или маршрут между рабочей станцией и сервером [5].

Следовательно, БД с ограниченной циркуляцией дает ряд преимуществ:

- возможность максимально гибкого использования за счет механизма ограниченной циркуляции;
- возможность использования в глобальных сетях;
- минимизацию времени доступа за счет SPMD технологий и ограниченной циркуляции [4];
- перестройка БД для новых условий происходит автоматически и без дополнительных затрат;
- поскольку механизм ограниченной циркуляции – это механизм функционирования клиента и сервера, то возможно его совмещение с любыми существующими БД.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

При создании системы моделирования наиболее целесообразным признано применение языковых средств Java. В качестве среды разработки был выбран Eclipse – свободно распространяемый программный комплекс Java-приложений от компании IBM.

Интегральным критерием анализа производительности СУБД при моделировании является время доступа к БД, т. е. время ожидания рабочими станциями запрошенного сегмента. Критерий наглядный и очень важный, ибо РС, которая сгенерировала запрос на какую-либо запись, должна как можно быстрее его получить, а это зависит от проектировщика СУБД. Именно снижение времени ожидания сегмента служит критерием, позволяющим оценить производительность СУБД. Основной задачей здесь остается определение того, как различные параметры системы и условия, в которых она работает, влияют на время ожидания сегмента и, соответственно, на эффективность всей СУБД.

Разработанная система состоит из двух основных модулей: модуля взаимодействия пользователя с системой и модуля моделирования.

Блок-схема модуля взаимодействия пользователя с системой представлена на рис. 1. В блоке 1 происходит инициализация графического интерфейса. Окно программы содержит несколько полей для указания входных параметров, а также пункты меню управления, которые обеспечивают вызов процедур, указанных в блоках 3-7.

Блок-схема модуля моделирования представлена на рис. 2. В блоке 7-1 инициализируются переменные, основные значения которых этот модуль получает от первого. Одна из переменных – число РС используется для цикла запуска потоков-рабочих станций (7-2 – 7-4), а также для их остановки (7-6 – 7-8). После запуска потоков основной модуль приостанавливает свое выполнение на время, равное времени одного прохода (блок 7-5), то есть в этот момент работают лишь потоки-рабочие станции. В блоке 7-9 вычисляется среднее время ожидания записей РС.



Рис. 2. Блок-схема модуля моделирования сетевой БД.

Модуль взаимодействия пользователя с системой представляет собой удобную графическую оболочку для установки параметров и запуска процесса моделирования (рис. 3). С помощью интерфейса пользователь может:

- 1) указать диапазон для каждого параметра;
- 2) установить время одного прохода;
- 3) установить максимальное количество проходов для каждого параметра;
- 4) установить путь к файлу для сохранения результата;



Рис. 3. Графический интерфейс системы.

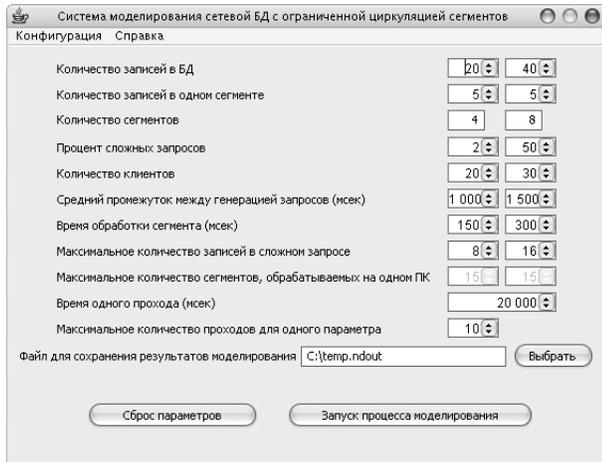


Рис. 4. Окно, информирующее пользователя о том, сколько займет процесс моделирования.

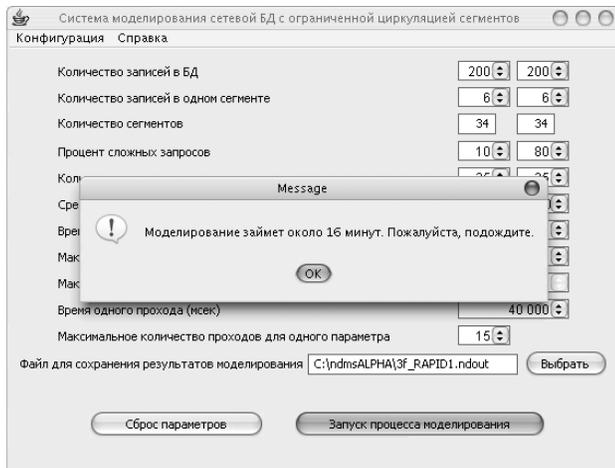
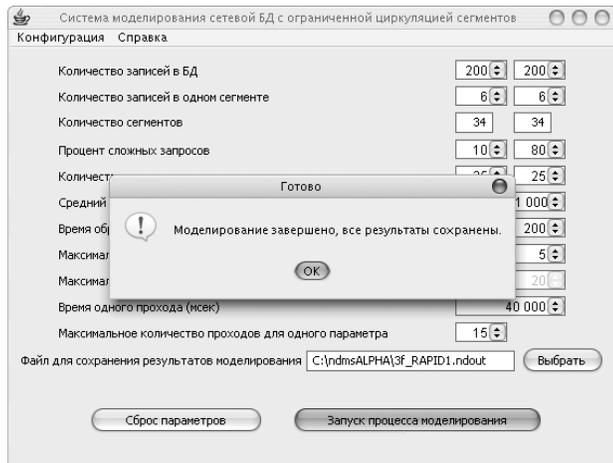


Рис. 5. Сообщение пользователю об успешном завершении процесса моделирования.



- 5) сбросить все значения во всех полях на значения по умолчанию;
- 6) сохранить настройки в файл;
- 7) загрузить настройки из файла;
- 8) запустить процесс моделирования.

Второй модуль должен получать в качестве входного параметра переменные различного типа.

На рис. 4 и 5 представлены фрагменты работы системы моделирования, реализующей модель сетевой СУБД с ограниченной циркуляцией сегментов.

До того времени, пока процесс не будет завершен, никаких выводов системой не производится. После выполнения программы пользователь получит

сообщение о том, что результат сохранен.

Далее полученный файл с расширением pdout следует открыть в WEB-браузере или текстовом редакторе.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Система, реализующая модель сетевой СУБД с ограниченной циркуляцией сегментов, дает возможность пользователю вводить не одно значение для каждого параметра, а целый их диапазон, тем самым облегчая ввод данных особенно для изучения большого числа моделей. При помощи разработанной системы можно проследить, как разные параметры влияют на время ожидания сегментов рабочими станциями, а также выявить преимущества и недостатки двух архитектур СУБД – централизованной и с ограниченной циркуляцией сегментов.

На рис. 6 представлен график оценки влияния размеров БД на производительность СУБД. Число записей в базе изменяется от 50 до 500. Это довольно большой диапазон, который демонстрирует четкую зависимость задержек при различных размерах базы данных.

Так как количество клиентов постоянно, увеличение количества записей в одном сегменте снижает время ожидания сегментов, ведь «интересы» рабочих станций относительно различных записей «пересекаются» реже. Таким образом, большая БД позволяет лишь познать преимущества СУБД с ограниченной циркуляцией сегментов.

На рис. 7 показан график оценки влияния количества записей в одном сегменте на производительность СУБД. Параметр меняется в пределах от 8 до 200, причем чем больше записей содержится в сегменте, тем чаще сегменты будут востребованы РС.

Увеличение количества записей в сегменте приводит к тому, что рабочие станции часто обращаются к одинаковым сегментам, поэтому график возрастает. Небольшой спад в конце графика вызван тем, что когда количество записей в сегменте превышает 100, приходится иметь дело с двумя сегментами, и все проходы после этой отметки являются, по сути, одинаковыми. Разброс в 70 мс крайне мал, и можно считать это погрешностью.

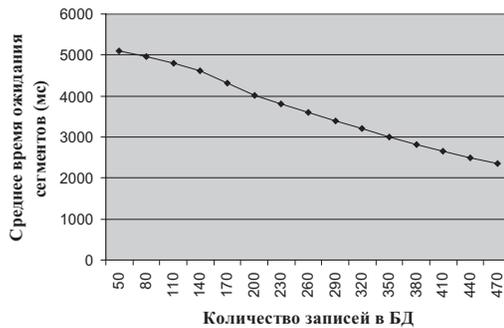


Рис. 6. График зависимости производительности СУБД от количества записей в БД.

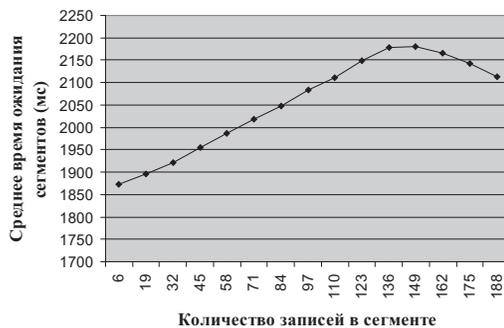


Рис. 7. График зависимости производительности СУБД от количества записей в сегменте.

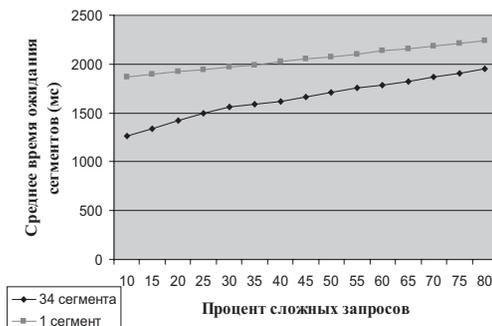


Рис. 8. Зависимость производительности СУБД от частоты появления сложных запросов.

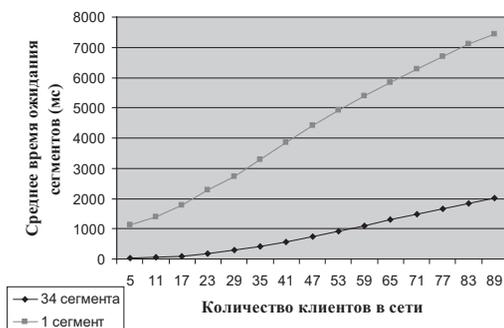


Рис. 9. График зависимости производительности СУБД от числа клиентов.



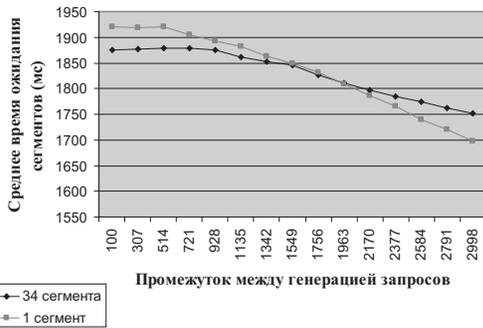


Рис. 10. График зависимости производительности СУБД от времени между запросами.

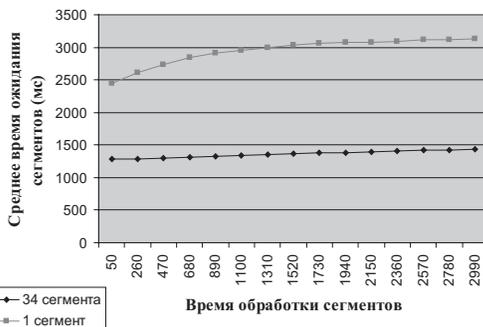


Рис. 11. График зависимости производительности СУБД от времени обработки сегментов.

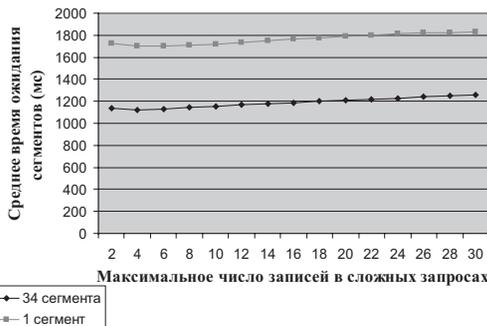


Рис. 12. Зависимость производительности СУБД от количества записей в сложных запросах.

Оценка влияния частоты появления сложных запросов на производительность СУБД представлена на рис. 8. Процент их изменяется в пределах от 5 до 80, и возрастание частоты указывает на то, как такие запросы увеличивают время ожидания сегментов.

Здесь очевидно, что увеличение частоты появления сложных запросов негативно влияет на время ожидания сегментов в обеих архитектурах. Большой выигрыш от предпочтения архитектуры с ограниченной циркуляцией сегментов имеется в том случае, когда сложных запросов в системе крайне мало.

На рис. 9 приводится оценка влияния количества клиентов на производительность СУБД. Этот параметр меняется от 5 до 100.

Возрастание графика показывает, что чем больше клиентов, тем больше время ожидания сегментов. Это происходит из-за возникновения конфликтов, поскольку количество сегментов одно и то же, а клиентов больше, их «интересы» очень часто «пересекаются», поэтому рабочие станции больше времени ожидают освобождения нужных им сегментов. Преимущество базы данных с ограниченной циркуляцией проявляется в большей степени для случая, когда количество клиентов системы сравнительно велико.

Рис. 10 иллюстрирует влияние частоты обращений к БД на производительность СУБД. Пусть средний промежуток времени между запросами будет меняться от 100 до 3000 мс. Чем реже появляются запросы, тем меньше должно быть время ожидания. Например, промежуток в 100 мс означает, что после каждого запроса «поток-PC» станция «неактивна» в течение случайного промежутка времени от 50 до 150 мс.

Увеличение времени простоя станции при постоянном времени обработки сегментов уменьшает время их ожидания. Это связано с тем, что рабочие станции работают не синхронно. Иными словами, во время простоя одних PC, остальные могут обмениваться сегментами. Увеличение времени простоя снижает частоту обращений к серверу, и на графике это четко отражено. Так как графики и числовые значения параметра для каждой архитектуры являются очень похожими, то в такой ситуации довольно сложно сделать точные выводы относительно того, какую архитектуру предпочесть при разных частотах обращений к БД.

На рис. 11 представлен график зависимости производительности СУБД от времени обработки сегментов. Этот параметр подразумевает сумму всех временных задержек при манипуляции с сегментом, а основным остается время передачи сегмента по сети. Время обработки сегментов изменяется в пределах от 100 до 3000 мс. Чем дольше сегмент будет находиться у i -й PC, тем время ожидания на получение сегментов должно быть больше.

График подтверждает предположения о том, что чем дольше проходит обработка сегментов, тем больше время ожидания этих сегментов рабочими станциями.

Оценка влияния количества записей в сложных запросах на производительность СУБД показана на рис.12. Максимальное количество записей в сложном запросе может меняться, и чем больше сегментов будет ожидать рабочая станция, тем больше должно быть время ожидания этих сегментов.

Возрастание графика, то есть увеличение времени ожидания сегментов, вызвано тем, что чем больше сегментов за один сложный запрос захватывает одна станция, тем больше других РС простаивает, ожидая, когда освободятся необходимые им сегменты. Это справедливо в обоих случаях. Централизованная архитектура обслуживает запросы медленнее, чем архитектура с ограниченной циркуляцией сегментов.

По результатам моделирования можно сделать следующие выводы:

— лучшая производительность будет достигнута в случае, если отношение количества сегментов к количеству пользователей будет больше единицы;

— при увеличении числа сложных запросов и количества сегментов в них происходит увеличение времени ожидания сегментов; негативно на этот параметр влияет и большая активность пользователей и высокая частота обращений к БД;

— при использовании централизованной архитектуры (один сегмент) все РС обращаются к одному и тому же сегменту, поэтому практически во всех случаях их общее время ожидания больше, чем при использовании архитектуры с ограниченной циркуляцией сегментов (несколько сегментов);

— ограниченная циркуляция является перспективным направлением в развитии архитектур баз данных.

При увеличении числа сегментов с одинаковым числом записей в сегменте снижается время ожидания сегмента при постоянном количестве клиентов.

При увеличении размера сегмента время ожидания возрастает.

При увеличении числа пользователей время ожидания сегмента возрастает.

Если запрос рабочей станции не содержит запросов модификации данных, сегмент может сразу же передаваться следующей рабочей станции, не дожидаясь завершения обработки. Так как большинство запросов базе данных требует поиска информации, а не ее изменения, это позволяет нескольким РС одновременно обрабатывать целый сегмент, что ускоряет циркуляцию и уменьшает время ожидания сегмента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Система моделирования, реализующая модель сетевой СУБД с ограниченной циркуляцией сегментов, дает возможность моделировать поведение различных архитектур и проводить оценку необходимых параметров разрабатываемых СУБД. Моделирование позволяет получить ответ на очень важный вопрос, насколько эффективной будет создаваемая система управления в тех или иных условиях, при тех или иных параметрах.

Существенно то, что модель обеспечивает работу СУБД в корпоративной компьютерной сети, ведь именно в ее условиях должны максимально проявиться преимущества базы данных с ограниченной циркуляцией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Илющечкин В. М. Основы использования и проектирования баз данных. — М.: Высшее образование, 2008. — 213 с.
2. Цыганов Н. С. Проблемы доступа к ресурсам баз данных на железнодорожном транспорте // Труды IV международной научной студенческой конференции «Trans-Mech-Art-Chem». — М.: МИИТ, 2006. — С. 148.
3. Сафонова И. Е. Организация взаимодействия моделей элементов корпоративных функционально ориентированных сетей // Качество. Инновации. Образование. — 2009. — № 7. — С. 49–57.
4. Барский А. Б. Применение SPMD-технологии при построении сетевых баз данных с циркулирующей информацией // Информационные технологии. — 2004. — № 7. — С. 23–29.
5. Желенков Б. В. Оптимизация доступа к ресурсам баз данных // Компьютеры в учебном процессе. — 2005. — № 5. — С. 99–108.
6. Обзор возможностей AnyLogic, «Экс Дженс Текнолоджис». URL: <http://www.xjtek.ru>. Дата обращения 15.09.2013.
7. Общее описание пакета имитационного моделирования ДАСИМ. Одесса: ОНПУ. URL: <http://www.ospu.odessa.ua/adss>. Дата обращения 16.09.2013.
8. Павловский Ю. Н., Белотелов Н. В., Бродский Ю. И. Имитационное моделирование. — М.: Академия, 2008. — 131 с.





SIMULATION SYSTEM OF NETWORK DATABASE MANAGEMENT SYSTEM WITH LIMITED CIRCULATION OF SEGMENTS

Safonova, Irina E. – D. Sc. (Tech), professor of the department of computer systems and networks of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

Goldovskiy, Yakov M. – Ph.D. (Tech), associate professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

Zhelenkov, Boris V. – Ph.D. (Tech), associate professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

ABSTRACT

Development and modernization of databases often involve simulation stage. Simulation of distributed databases is of particular interest and it should take into account the peculiarities of the exchange of data between network nodes. Simulation system, which is considered in the article, makes it possible to analyze processes occurring in the network database management system with limited circulation of segments.

Further, the term «segment» will be used to refer to the smallest unit of data from the database, which is transmitted over the network.

Each DBMS serves a stream of requests or enquiries from «its» work station (WS). It allows dividing a general stream of requests to DB (ρ), weakening the influence of critical ratio:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1, \quad (1)$$

where λ is an intensity of stream of requests to DB, and μ is an intensity of processing stream.

Ratio (1) influences average request processing time ($T_{\text{обсл}}$):

$$T_{\text{обсл}} = \frac{t_{\text{обсл}}}{1 - \rho}, \quad (2)$$

where $t_{\text{обсл}}$ – «pure» processing time per request.

If we assume that with presence of DBMS on each WS processing time will depend on the situation developing on this WS, then:

$$T_{\text{обсл}} = \frac{t_{\text{обсл}}}{1 - \rho_1}, \quad (3)$$

where $\rho_1 = \frac{\lambda}{n\mu}$, n is a number of WS. A centralized

DB shows a certain disadvantage of data access process as the location of data within the sole server causes queues and operation interruptions. Within a distributed DB the data is divided by segments which are located at respective WS. But this causes problems of access to DB segment located at a certain i WS from another $i+n$ WS.

We shall solve the problem of synchronization and access if we use principles of cycle circulation of DB segments within the network. All the segments can pass consequently from one WS to another, once there is a mechanism that provides for circulation of segments exclusively among the WS that interact with those segments. The work [4] suggested such mechanism which is a method of limited circulation or of addressed segments. The same article described the technology of operation of a DB with limited circulation of segments, WS's behavior during accessing the segments, as well as analyzed the time of request processing and conflict solution during processing of complex enquiries within network DB with circulating data, and algorithm of searching and neutralizing of cross-references.

For each segment, the server creates a table of addresses (TA) of workstations where this segment is to be processed. This table changes dynamically over time. TA of workstations includes

ENGLISH SUMMARY

Background. An important direction in development of computer systems is the development of high-performance database management systems (hereinafter- DBMS). Continuously increasing capabilities of modern computer networks pose to the developers a problem of choice, and in some cases, modernization of DBMS architecture. Modernization, in turn, cannot do without preliminary simulation [1, 2].

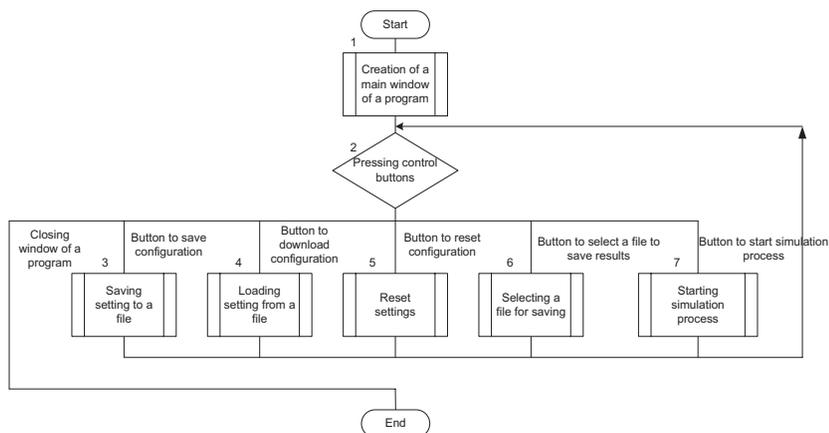
There are many languages and simulation systems, namely GPSS, AnyLogic, DASIM etc., which have their own advantages and disadvantages [1, 6–8]. For example, languages such as GPSS, have considerable potential for the construction and analysis of models, but it is difficult to use them, and the development of model schemes on their basis requires high programming skills and can take a lot of time. Therefore, distributed simulation systems are used only to increase computing power, but not for the interaction of models.

With account for analysis conducted in [3] it can be assumed that all available modeling systems can't afford creating models, interacting via computer network communication channels. That was the reason for the development of original simulation system that implements a network DBMS with limited circulation of segments. Its special case is a centralized DBMS architecture, if one segment is used for the entire database. At the same time it should be noted that the department «Computer systems and networks» of MIIT University led by professor A. B. Barsky also conducts research of network databases with circulating information.

Objective. Objective of the authors is to study functioning of DBMS with limited circulation of segments.

Methods. The authors use mathematical method, simulation and analysis.

Results. Currently, there exist some technologies of information exchange in network databases (DB) which are file server, client-server, circulating technology [4, 5]. In circulating DB, databases are divided into parts called segments. Segment may be a group of tables, one table, a group of records or a single record, depending on the configuration of DBMS in each particular case.



Pic. 1. Block diagram of the user's interaction with the system.

the following fields: a field containing a list of addresses (numbers, names) of WS, to which a segment should be directed; reference frequency of WS's requests to this segment (the number of requests for a certain time interval) and other statistical information [4, 5]. Besides TA a list of priority addresses of a WC is also compiled and then permanently located at a respective WS.

The server executes the main function of transmitting and modifying of a table of addresses. This operation is similar to WS's operation of segment transmitting, the sole difference been the need to generate relevant coefficient for complex requests which is a priority of a complex enquiry [5]. A WS executes simple operations of generating a recording number, of defining a number of a segment for this recording, and of a calling for the method of segment receiving. A WS does nothing until it receives all necessary segments. Then it adds time which was necessary to receive a segment for processing to the variable, common for all WS, as well as it incriminates another common variable for further calculating of mean queuing time (first variable will be divided by the second).

As an auxiliary technique of reducing DB server's load, one can use a variant referring to distribution of DB segments among auxiliary servers [4, 5]. Different algorithms can be used to that purpose, and the choice there-of depends on divers parameters like request frequency, dimensions, mean number of WS between which a segment circulates, distance or route between a WS and the server [5].

DB with limited circulation has certain advantages:

- its maximum flexible applicability due to the mechanism of limited circulation;
- its applicability in global networks;
- minimization of access time due to SPMD technology and limited circulation [4];
- restructuring DB to the new conditions occurs automatically and without additional costs;
- since mechanism of limited circulation – is a mechanism of functioning of a client and a server, it is possible to combine it with any existing DB.

While creating simulation system Java script was considered as most appropriate. The development environment was Eclipse which is free share soft package of Java applications developed by IBM.

The time of access to DB (time of waiting by WS of a requested segment) is the integral criterion of efficiency of DBMS. The criterion is illustrative

and important as a WS which has generated an enquiry to get a record should be able to get it as soon as possible and that depends on developer of a DBMS. The main task is to determine the influence of different parameters of the system and its operation conditions on segment waiting time.

The developed system contains two main modules. The first one is that of user – system interface and the second one is a simulation module.

Block diagram of the user's interaction with the system is shown in Pic. 1. In block 1 occurs initialization of graphic interface. The program window contains several fields to specify the input parameters, as well as points of control menu which provide procedures specified in blocks 3-7.

The block diagram of the simulation module is shown in Pic. 2. In blocks 7-1 variables are initialized (their values are received from the first module). One of the variables is the number of WS used for the starting cycle of streams- workstations (7-2 – 7-4), as well as for stopping (7-6 – 7-8). After starting the streams the main module suspends its performance for time equal to one run (block 7-5), so that, at this moment only streams- workstations work. In block 7-9, the average waiting time for records of WS is calculated.

Module of the user's interaction with the system is a convenient graphical framework to set parameters and start the simulation (Pic. 3). Using the interface, the user can:

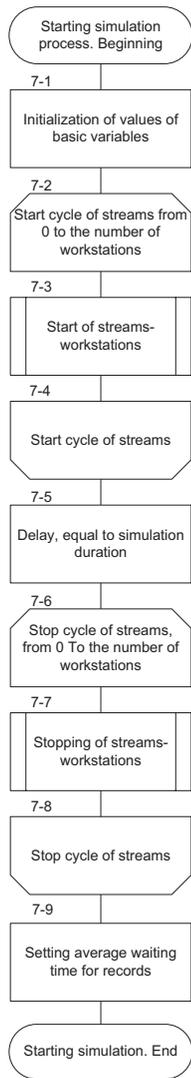
- 1) specify a range for each parameter;
- 2) set time for one run;
- 3) set the maximum number of runs for each parameter;
- 4) set a path to the file to save the results;
- 5) reset all values in all fields to their default values;
- 6) save the settings to a file;
- 7) download settings from a file;
- 8) start the simulation.

The second module should receive variables of different types as input parameters.

Pic. 4 and 5 show fragments of a simulation system work that implements the model of a network DBMS with limited circulation of segments.

Until the process is complete, system does not make any output. After the program shall have been accomplished, the user will receive a message stating that the result is stored. The ndout-file should be opened in WEB-browser or under text editor.



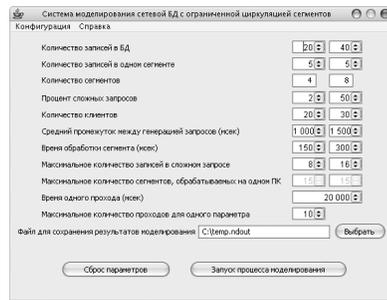


Pic.2. Block diagram of the simulation of a network database.

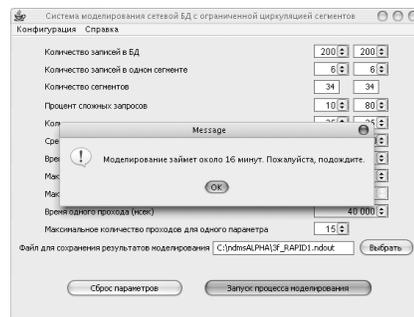
Using the developed simulation system it is possible to track how different parameters affect the waiting time of workstations for segments, as well as to identify the advantages and disadvantages of two DBMS architectures – centralized and with limited circulation of segments.

Pic. 6 is a graph assessing the impact of the size of DB on DBMS performance. The number of records in the database varies from 50 to 500. It is a pretty big range, which shows a clear dependence of delays in different sizes of DB. Since the number of clients is constant, the increase in the number of records in one segment reduces the waiting time for segments, because «interests» of WS with respect to different records «intersect» rarely. Thus, a large DB makes it possible to learn advantages of DBMS with limited circulation of segments.

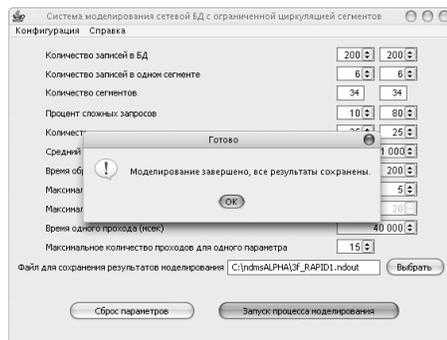
Pic. 7 shows a graph of assessing the impact of the number of records in one segment on DBMS



Pic.3. Graphical interface of a system.



Pic.4. Window informing the user about how much time simulation process will take.



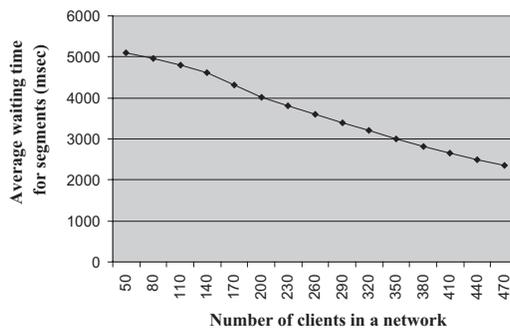
Pic.5. Message to the user on the successful completion of simulation process.

performance. The parameter ranges from 8 to 200, and the more records there are in the segment, more frequently the segments will be demanded by WS.

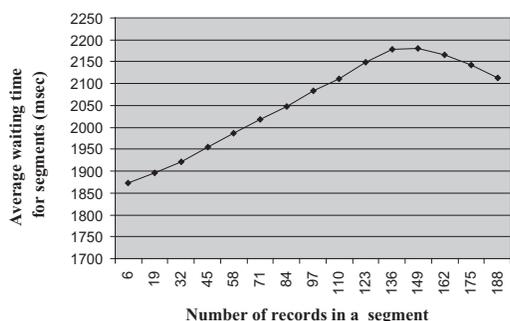
Increasing the number of records in a segment causes that workstations often refer to same segments, so the graph increases. A slight decline at the end of the graph is induced by the fact that when the number of records in the segment is above 100, it is necessary to deal with two segments, and all runs after this mark are, in fact, identical. Dispersion of 70 ms is very small, and it can be considered as an error.

Assessing the impact of the frequency of complex queries on DBMS performance is shown in Pic. 8. Their percentage ranges from 5 to 80, and an increase in frequency indicates how such requests increase the waiting time for segments.

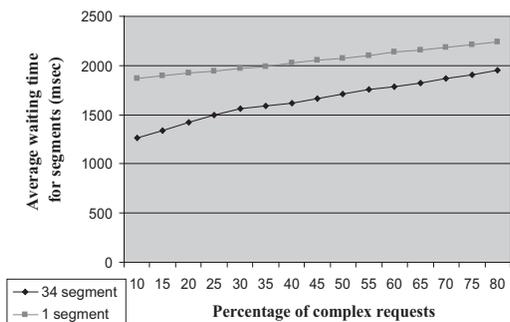
It is obvious that the frequency of occurrence



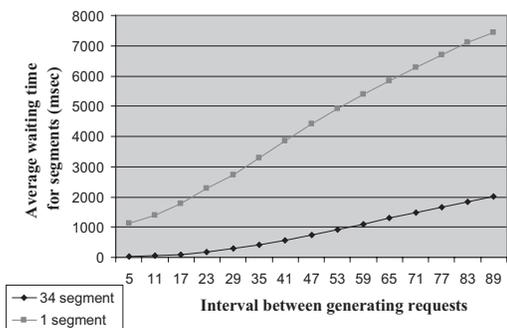
Pic. 6. Graph of dependence of DBMS performance from the number of records in DB



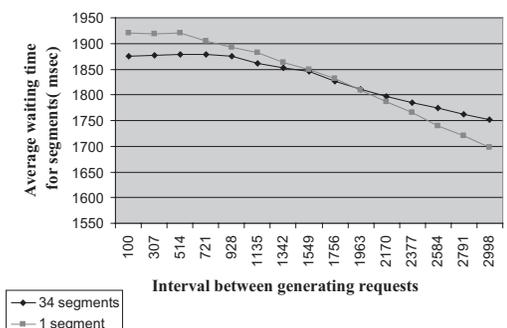
Pic. 7. Graph of dependence of DBMS performance from the number of records in a segment.



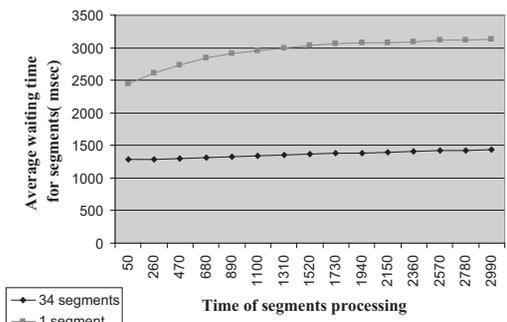
Pic. 8. Dependence of DBMS performance from frequency of complex requests.



Pic. 9. Graph of dependence of DBMS performance from the number of clients.



Pic. 10. Graph of dependence of DBMS performance from time interval between requests.



Pic. 11. Graph of dependence of DBMS performance from time of segments processing.

of complex queries affects the waiting time for segments in both architectures.

Greater benefit from architecture with limited circulation of segments is available in the case when the number of complex requests in the system is extremely small.

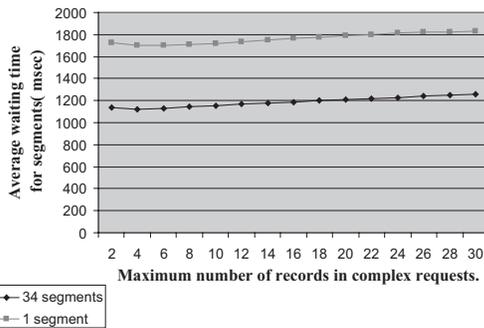
Pic. 9 provides an assessment of the impact of the number of clients on DBMS performance. This parameter varies from 5 to 100.

Graph rise shows that the larger is the number of clients, the more is waiting time for segments. This is due to conflicts, since the number of segments is the same, and the number of clients is more, their «interests» very often «intersect», so workstations wait for release of relevant segments longer. Advantage of a database with limited circulation appears to a greater extent in the case where the number of clients of the system is comparatively large.

Pic. 10 illustrates the impact of DB request frequency on DBMS performance. Let the average time between requests vary from 100 to 3000 ms. The less often arise requests, the less should be the waiting time. For example, 100 msec interval means that after every request «flow-WS» station is «inactive» for a random period of time from 50 to 150 ms.

Increase in station downtime at constant processing time of segments reduces waiting time. This is due to the fact that workstations do not work synchronously. In other words, during downtime of some WS, the rest WS can exchange segments. Increase in downtime reduces frequency of requests to the server, so the graph demonstrates it clearly. Since graphs and numerical values of parameters for each architecture are very similar, in this situation it is difficult to make accurate conclusions about what kind of architecture should





Pic. 12. Dependence of DBMS performance from the number of records in complex requests.

be preferred in case of different frequencies of requests addressed to DB.

Pic. 11 shows a graph of dependence of DBMS performance from processing time of segments. This parameter implies the sum of all time delays during work with the segment, and the major index is a time of segment transmission via the network. Processing time of segments varies between 100 and 3000 ms. The longer segment will be at the *i*-th WS, the longer should be waiting time to obtain a segment.

The graph confirms the assumption that the longer is segment's processing, the more is waiting time of WS for these segments.

Assessing the impact of the number of records in complex queries on DBMS performance is shown in Pic. 12. The maximum number of records in a complex request varies from 2 to 25 and the more segments will be expected by a WS, the longer should be the waiting time for these segments.

Conclusions. According to simulation results, the following conclusions can be made:

Keywords: information, database management system, system performance, circulation of segments, simulation.

REFERENCES

1. Ilyushechkin, V. M. Basics of database usage and design [Osnovy ispol'zovaniya i proektirovaniya baz dannyh]. Moscow, Vysshee obrazovanie publ., 2008, 213 p.
2. Tsyganov, N. S. Problems of access to database resources in railway transport [Problemy dostupa k resursam baz dannyh na zheleznodorozhnom transporte]. Proceedings of 4th international scientific student conference Trans-Mech-Art-Chem [Trudy IV Mezhdunarodnoy nauchnoy studencheskoy konferentsii «Trans-Mech-Art-Chem»]. Moscow, MIIT publ., 2006, p. 148.
3. Safonova, I. E. Interaction organization of models of elements of functionally oriented corporate networks [Organizatsiya vzaimodeystviya modeley elementov korporativnykh funktsional'no orientirovannykh setey]. Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie. 2009, No. 7, pp. 49–57.
4. Barsky, A. B. SPMD-technology application in the construction of network databases with circulating

- better performance will be achieved if the ratio of the number of segments to the number of users is greater than 1;

- increasing the number of complex queries and the number of segments causes growth of waiting time for the segments, this parameter is also negatively affected by high user activity and frequency of requests to DB;

- when using a centralized architecture (one segment) all WS refer to the same segment, so in almost all cases, the total waiting time is more than using architecture with limited circulation of segments (multiple segments);

- limited circulation is a promising direction in the development of database architecture;

- when the number of segments with the same number of records in the segment grows, waiting time for the segment decreases at constant number of clients;

- when size of a segment grows, waiting time increases;

- when number of users grows, waiting time for the segment increases.

If request of a WS does not contain request for data modifications, a segment can be transmitted immediately to the next workstation, without waiting for the completion of processing. Since most requests to DB require a search for information, rather than its change, it allows multiple workstations to simultaneously process a single segment, thus accelerating circulation and reducing waiting time for the segment.

Developed simulation system that implements the model of a network DBMS with limited circulation of segments enables to simulate the behavior of various DBMS architectures and to assess the necessary parameters of engineered DBMS. Simulation system can provide answer to the question whether DBMS engineered under certain conditions and using certain parameters will be really efficient.

information [Primenenie SPMD-tehnologii pri postroenii setevykh baz dannyh s tsirkuliruyushey informatsiyey]. Informatsionnye tehnologii, 2004, No. 7, pp. 23–29.

5. Zhelenkov, B. V. Optimization of access to database resources [Optimizatsiya dostupa k resursam baz dannyh]. Komp'yutery v uchebnom protsesse, 2005, No. 5, pp. 99–108.

6. Overview of AnyLogic, «XJ Technologies» [Obzor vozmozhnostey AnyLogic, «Eks Dzhey Teknologzhis»]. URL: <http://www.xjtek.ru/> Last accessed 15.09.2013.

7. General description simulation package DASIM [Obschee opisanie paketa imitatsionnogo modelirovaniya DASIM]. Odessa, ONPU. URL: <http://www.ospu.odessa.ua/adss/> Last accessed 15.09.2013.

8. Pavlovskiy, Yu.N., Belotelov, N.V., Brodskiy, Yu.I. Simulation modeling [Imitatsionnoe modelirovanie]. Moscow, Akademiya publ., 2008, 131 p.

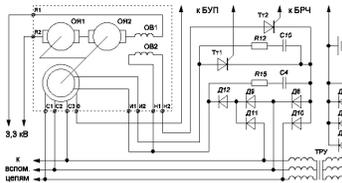
Координаты авторов (contact information): Сафонова И. Е. (Safonova I. E.) – irina.chernenko.2011@mail.ru, Голдовский Я. М. (Goldovskiy Ya.M.) – goldovsky_ym@mail.ru, Желенков Б. В. (Zhelenkov B. V.) – boriszhv@newmail.ru.

Статья поступила в редакцию / article received 04.04.2014
Принята к публикации / article accepted 02.06.2014

TV

ЭЛЕКТРОПОЕЗД 46

*Диагноз на ходу –
не прерывая работы.*



АЭРОДРОМ 54

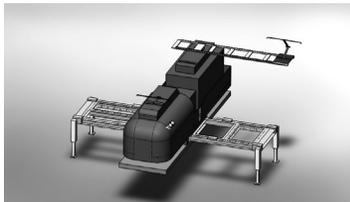
*Как связать случайности
с кривой Веллера.*

НАДЕЖНОСТЬ СТАНЦИЙ 60

*Поиск оптимальности
транспортного потока.*

ПОВОРОТНАЯ РАМА 66

*Переход автотрассы
на соседний путь.*



ELECTRIC TRAIN 46

*Troubleshooting without
stopping.*

AIRFIELD 54

*Is it possible to link randomness
and Woehler diagram?*

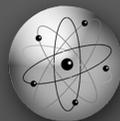


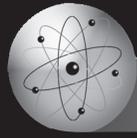
RELIABILITY OF STATIONS 60

*Searching for optimality
of transportation flow.*

SWING FRAME 66

*Transition of a motorailer
to adjoining track.*





Диагностирование электромашинного преобразователя электропоезда в условиях эксплуатации



Владимир КОСТЮКОВ
Vladimir N. KOSTYUKOV

Алексей ЦУРПАЛЬ
Alexey E. TSURPAL



*Костюков Владимир Николаевич – доктор технических наук, профессор, генеральный директор ООО НПЦ «Динамика» (Научно-производственный центр «Диагностика, надежность машин и комплексная автоматизация»), Омск, Россия.
Цурпаль Алексей Евгеньевич – научный сотрудник ООО НПЦ «Динамика», Омск, Россия.*

Дается оценка существующей системы эксплуатации и ремонта подвижного состава железных дорог. Обозначены основные ее недостатки и способы их устранения, одним из которых является организация надежного мониторинга технического состояния наиболее ответственного оборудования. Приведены описание и особенности функционирования электромашинного преобразователя. Предложена методика диагностирования преобразователя электровоза по параметрам спектра трехфазного переменного тока, в том числе исправного и предаварийного состояния агрегатов. Проверена и подтверждена адекватность методики, это сделано на основе данных, полученных при эксплуатации экспериментальной установки.

Ключевые слова: электровоз, техническая диагностика, электромашинный преобразователь, дисбаланс, спектр переменного тока, бортовая система мониторинга, экспериментальная установка.

Повышение эксплуатационной надежности моторвагонного подвижного состава (МВПС) путем своевременного обнаружения и устранения дефектов на начальной стадии их развития всегда считалось приоритетной задачей системы технического обслуживания и ремонта железнодорожной техники [1].

Существующее положение, при котором подвижной состав поддерживается в надлежащем техническом состоянии за счет системы планово-предупредительных обслуживания и ремонта, предполагает расход большого объема ресурсов на проведение регламентированных работ вне зависимости от фактического состояния того или иного агрегата секции МВПС. Говоря иначе, скрытый характер зарождения дефектов и появления неисправностей приводит к внеплановому ремонту и как следствие – к дополнительным затратам.

Решению обозначенных проблем может помочь бортовая система мониторинга технического состояния, обеспечивающая оценку в реальном времени каждого агрегата и формирование объективной информации о возможности его дальнейшей эксплуатации. Эффективность такой систе-

мы заключается в ее непрерывной работе, то есть постановке диагноза с периодом, во много раз меньшим периода развития неисправности до критического (предельного) состояния [2], что дает возможность ориентироваться на фактическое техническое состояние подвижного состава с учетом от ресурсоемкой планово-предупредительной системы ремонта.

Одной из задач при внедрении упомянутой системы эксплуатации является разработка методики диагностирования технического состояния оборудования вспомогательных цепей МВПС.

Существующие методики функционального диагностирования электрооборудования по параметрам спектра электрического тока предполагают, что в ходе проверки оборудование работает в установленном режиме, а структура электрической цепи не изменяется во времени [3]. Между тем, вспомогательные цепи современных электропоездов обладают сложной топологией и переменной структурой, состоящей из высоковольтной части — цепи постоянного тока с напряжением 3,3 кВ, которая обеспечивает пуск, питание и защиту электромашинного преобразователя, а также питание высоковольтных печей отопления, и низковольтной части — трехфазной цепи переменного тока с линейным напряжением 220 В и частотой 50 Гц, генерируемого электромашинным преобразователем для питания вспомогательного оборудования электропоезда, зарядки аккумуляторной батареи и питания цепей управления.

Проведенные исследования [4], а также технический анализ порч, неисправностей и непланового ремонта электропоездов [5] показывают, что в системе вспомогательных цепей постоянного тока, наиболее подверженным внезапным отказам является электромашинный преобразователь (далее — преобразователь).

Преобразователь — это двухмашинный агрегат, состоящий из электрического двигателя постоянного тока и синхронного генератора, расположенных на одном валу. На электропоездах серии ЭД4М начиная с 2011 года выпуска установлен преобразователь 1ПВ.7. Двигатель его представляет собой двухколлекторную машину постоянного тока со смешанным

возбуждением. Одна из обмоток возбуждения (серийная) включена последовательно с обмоткой якоря, другая (независимая) в процессе пуска получает питание от аккумуляторной батареи, а при установленном режиме работы — от выпрямительной установки, питаемой в свою очередь трехфазным напряжением генератора. Генератор преобразователя — четырехполюсная синхронная машина с явно выраженными полюсами, расположенными на валу. Возбуждение генератора — независимое, обмотка возбуждения получает питание аналогично независимой обмотке возбуждения двигателя.

К выводам трехфазной статорной обмотки генератора постоянно подключены выпрямительная установка для питания обмоток возбуждения преобразователя и трехфазный трансформатор, от которого, в свою очередь, получает питание шестипульсовый неуправляемый выпрямитель, обеспечивающий низковольтные цепи управления выпрямленным током напряжением 110 В и заряд аккумуляторной батареи. Остальные потребители пользуются трехфазной цепью переменного тока по необходимости — компрессорный агрегат подключается при падении давления в питательной магистрали электропоезда ниже 6,5 кгс/см² и отключается при достижении давления 8 кгс/см², а электрические двигатели вентиляции тамбуров и климатической установки, как и освещение салона и дополнительный обогрев кабины, включаются локомотивной бригадой [6].

Условия работы преобразователя характеризуются существенным колебанием питающего напряжения в пределах от 2,7–4 кВ, а также частым изменением величины нагрузки от 5–7 А на фазу в режиме питания собственных обмоток возбуждения и цепей управления до 170 А в режиме электродинамического торможения, когда ток от генератора преобразователя получает управляемый полупроводниковый выпрямитель, питающий обмотки возбуждения тяговых электродвигателей. На условия работы преобразователя влияют, кроме того, колебания температуры и влажности окружающей среды, значительные знакопеременные динамические нагрузки [7] и, что немаловажно, несоблюдение правил эксплуатации. Наличие перечисленных



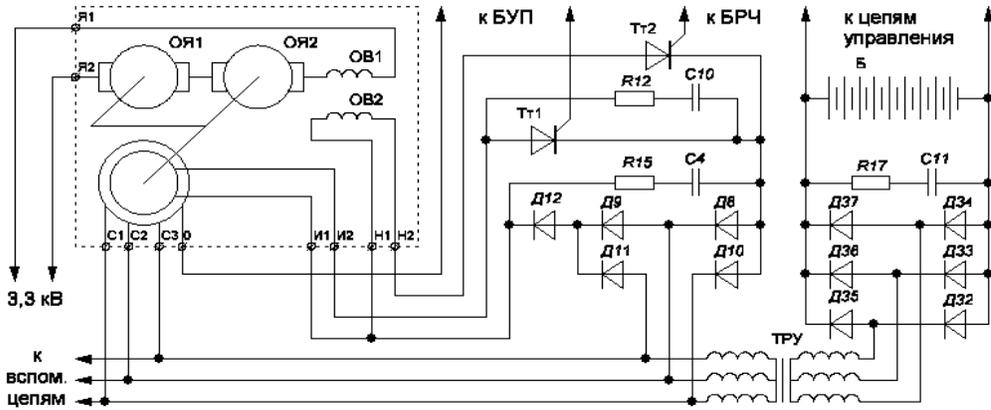


Рис. 1. Схема вспомогательных цепей электропоезда постоянного тока при работе с минимальной нагрузкой.

факторов существенно снижает ресурс агрегата и может явиться причиной его преждевременного внезапного выхода из строя и связанных с этим материальных потерь.

Для эффективного диагностирования преобразователя по параметрам спектра трехфазного переменного тока следует осуществлять анализ спектра трехфазного переменного тока при работе преобразователя с минимальной нагрузкой. Это позволяет исключить влияние токов потребителей на форму сигнала переменного тока генератора преобразователя. В данном режиме, как уже отмечалось, почти вся генерируемая мощность расходуется на питание обмоток возбуждения и цепей управления. На рис. 1 приведена упрощенная электрическая схема вспомогательных

цепей электропоезда при работе с минимальной нагрузкой.

Спектр фазного тока преобразователя при таком режиме (рис. 2) достаточно широк. Присутствуют все гармоники основной частоты, наличие которых вызвано включением в трехфазную цепь однополупериодных выпрямителей для питания обмоток возбуждения преобразователя. Их уровень волнообразно убывает с увеличением частоты подобно функции $|\sin(x)|/x$. Исключением здесь являются гармоники порядка $6 \cdot k \pm 1$ (k – натуральное число), генерируемые трехфазным мостовым выпрямителем, служащим для зарядки аккумуляторной батареи и питания цепей управления.

Физический принцип, положенный в основу спектр-токовой диагностики,

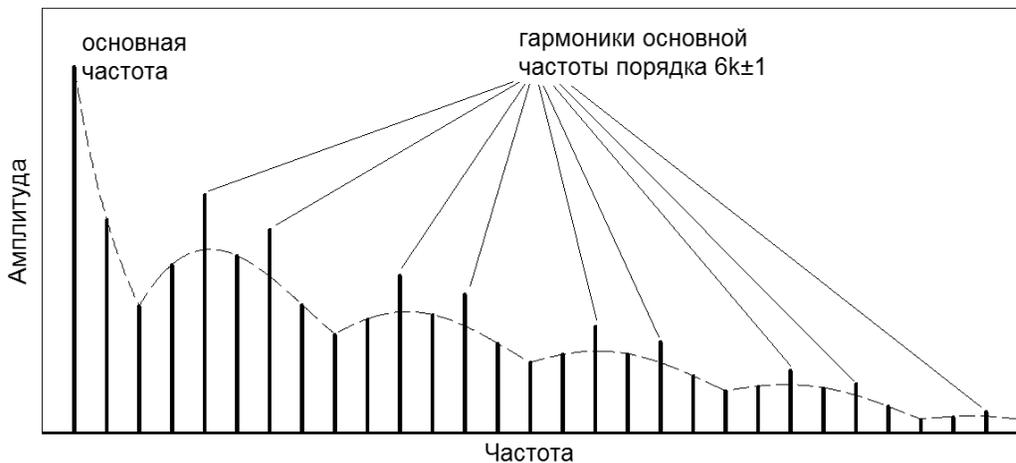


Рис. 2. Модель спектра фазного тока преобразователя при работе вспомогательных цепей с минимальной нагрузкой.



Рис. 3. Структурная схема экспериментальной установки.

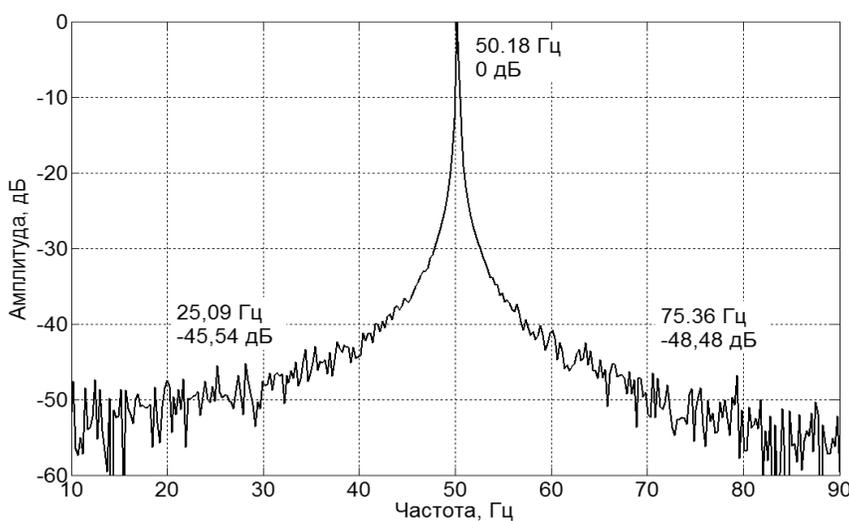


Рис. 4. Спектр фазного тока исправного преобразователя при работе с минимальной нагрузкой.

заключается в том, что любые возмущения в работе электрической и/или механической части электрической машины приводят к изменениям магнитного потока в зазоре электрической машины и, следовательно, к модуляции потребляемого или генерируемого тока.

Анализ спектра тока – способ диагностики, при котором в течение заданного интервала времени записывают мгновенные значения токов, потребляемых или генерируемых машиной, производят быстрое преобразование Фурье и выполняют сравнение значений амплитуд на частотах проявления дефектов с уровнем сигнала на основной частоте тока.

Как показывает практика эксплуатации преобразователей, основными причинами выхода их из строя остаются разбандажировка якорей и дефекты подшипников, развитие которых происходит намного быстрее при появлении дисбаланса ротора.

Поэтому для раннего выявления «проблемных» машин стоит уделять особое внимание появлению в спектре тока обратной частоты в виде модуляции гармоник основной частоты. Так как генератор преобразователя является четырехполюсной машиной, частота вращения вала преобразователя всегда равна половине основной частоты тока, и при наличии дисбаланса ротора в спектре тока должны появиться боковые полосы на расстоянии 25 Гц слева и справа от обратной и ее гармоник. Таким образом, при вращении вала преобразователя со скоростью 1500 об/мин и соответствующей частоте генерируемого тока 50 Гц надежным диагностическим признаком дисбаланса будет наличие в спектре тока составляющих на частотах 25, 75, 125 Гц и т. д.

Методика диагностирования преобразователей, опирающаяся на анализ спектра трехфазного переменного тока, в данный



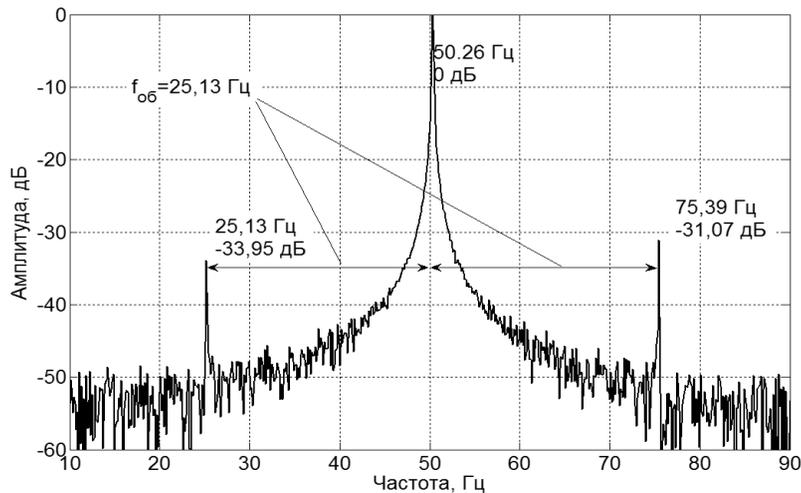


Рис. 5. Спектр фазного тока предаварийного преобразователя при работе с минимальной нагрузкой.

момент реализована в виде экспериментальной установки (рис. 3), состоящей из трансформаторных преобразователей тока, подключенных к аналоговым входам измерительного модуля на базе 8-канального 16-битного дельта-сигма-АЦП и объединенного с ним в локальную сеть ноутбука со специализированным программным обеспечением.

С целью получения экспериментальных данных были записаны сигналы трехфазных переменных токов преобразователей на стадии ввода в эксплуатацию и преобразователей, отработавших от одного до двух лет, в том числе и находившихся в предаварийном состоянии.

В качестве примера на рис. 4 приведена спектрограмма фазного тока исправного преобразователя, а на рис. 5 — преобразователя, находящегося в предаварийном состоянии. Из рис. 5 видно, что в спектре тока предаварийного преобразователя ярко выражены составляющие с частотой 25 и 75 Гц — это модуляция основной частоты, вызванная частотой вращения вала преобразователя. Наличие такой составляющей говорит о дисбалансе ротора [2] преобразователя. Причем в результате осмотра выяснилось, что причиной дисбаланса явилась разбандажировка якорной обмотки двигателя преобразователя.

ВЫВОДЫ

1. Наиболее частой причиной выхода из строя электромашинных преобразо-

вателей является разбандажировка якоря и дефекты подшипников.

2. В спектре тока генератора однозначно выделяется оборотная частота.

3. Установлено, что при наличии дисбаланса ротора электромашинного преобразователя в спектре трехфазного переменного тока появляются составляющие на оборотной частоте в виде модуляции гармоник основной частоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасная ресурсосберегающая эксплуатация МВПС на основе мониторинга в реальном времени / В. Н. Костюков, С. В. Сизов, В. П. Аристов, А. В. Костюков // Наука и транспорт. — 2008 (спец. выпуск). — С. 8–13.
2. Костюков В. Н., Науменко А. П. Основы диагностики и мониторинга машин: учеб. пособие. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. — 360 с.
3. Петухов В. С., Соколов В. А. Диагностика состояния электродвигателей. Метод спектрального анализа потребляемого тока // Новости электротехники. — 2005. — № 1 (31). — С. 50–52.
4. Цурпаль А. Е. Анализ неисправностей вспомогательных машин моторвагонного подвижного состава с целью их диагностирования // Наука, образование, бизнес: Материалы Всерос. науч. — практ. конф. — Омск: Из-во ОмГТУ. — 2011. — С. 222–223.
5. Технический анализ порч, неисправностей и непланового ремонта электропоездов за 2008 год. Управление пригородных пассажирских перевозок Департамента пассажирских сообщений ОАО «РЖД». — М., 2009.
6. Просвирина Б. К. Электропоезда постоянного тока с электрическим торможением. — М.: Трансиздат, 2000. — 328 с.
7. Федюков Ю. А., Марченко Е. А., Фошкина С. В. Режимы работы и диагностика вспомогательных машин электропоездов переменного тока // Локомотив. — 2011. — № 7. — С. 32–33.

TROUBLESHOOTING OF TRANSVERTER OF ELECTRIC TRAIN UNDER OPERATION CONDITIONS

Kostyukov, Vladimir N. – D. Sc. (Tech), professor, Director General of LLC RPC «Dynamics» (Research and Production Center «Diagnostics, reliability of machines and integrated automation»), Omsk, Russia.
Tsurpal, Alexey E. – researcher of LLC RPC «Dynamics», Omsk, Russia.

ABSTRACT

The authors assess the existing system of operation and maintenance of railway rolling stock in Russia; identify its main disadvantages and challenges. They argue that it is crucial to organize reliable monitoring of technical state of the most critical equipment. Following the description of the features of transverter of electric train, they suggest a method of its troubleshooting which is based on monitoring of parameters of spectrum of three-phase alternating current. The method refers to both operational and pre-accident conditions of devices. Adequacy of the procedure is tested and confirmed on the basis of data obtained during the operation of the experimental plant.

ENGLISH SUMMARY

Background. Improvement of operational reliability of multiple units (hereinafter referred to as MU) by early detection and elimination of defects has always been a priority task for maintenance and repair system of railway technics [1].

The current situation, in which the rolling stock is maintained in good technical condition due to the system of preventive maintenance and repair, involves a large amount of resources spent to carry out regulated works, regardless of the actual state of a device of MU section. In other words, the hidden nature of nucleation of defects and malfunctions leads to unplanned repairs and as a consequence – to additional costs.

The identified problems can be solved with the help of on board monitoring system of technical condition, providing real-time evaluation of each device and compiling of objective information about possibility of its further operation. The effectiveness of such a system is ensured by its continuous operation, i. e. diagnosing with the period, which is many times smaller than the period of development of the fault to the critical (limiting) state [2], which makes it possible to focus on the actual technical condition of the rolling stock instead of resource-intensive planning and preventative repair system.

Objective. The objective of the authors is to introduce a method of diagnosing the parameters of transverter of electromotive rolling stock with the help of data obtained during the operation of experimental plant.

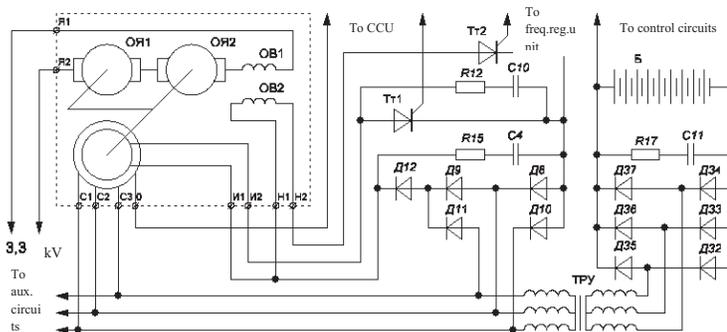
Methods. The authors used mathematical method, analysis and experimental method using special experimental plant.

Results. One of the tasks for the implementation of the mentioned system of operation is the development of methods of troubleshooting of the technical condition of equipment of MU auxiliary circuits.

Existing techniques for functional troubleshooting of electrical equipment based on parameters of the spectrum of an electric current imply that during the inspection equipment is operating in a steady mode, and the structure of the electrical circuit does not change over time [3]. Meanwhile, auxiliary circuits of modern trains have a complex topology and variable structure, consisting of a high-voltage part – DC circuit with 3,3 kV voltage, which provides start, supply and protection of a rotary converter, as well as supply of high-powered heating furnaces and a low-voltage part – three-phase AC circuit with linear voltage of 220 V and frequency of 50 Hz generated by rotary converters or transverters for electric power supply of auxiliary equipment, battery charging and supply of drive circuits.

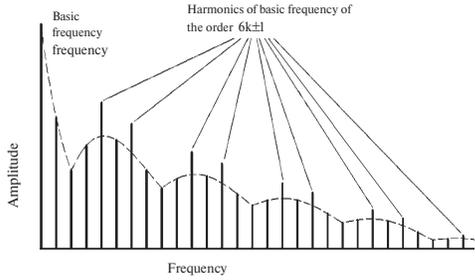
Studies [4], as well as technical analysis of spoilage, malfunctions and unplanned repairs of electric trains [5] show that in the system of auxiliary DC circuits rotary converter or transverter (hereinafter – converter) is the most susceptible to sudden failures.

Converter is a two-machine unit, composed of a DC electric motor and a synchronous generator disposed on the same shaft. Electric trains of ED4M series are equipped with converter 1.PV.7 since 2011. Its engine is a double-collector DC machine with compound excitation. One of drive windings (series) is connected consistently with the armature winding and the other (independent) during start is powered by a battery, and at a steady mode of operation – from the rectifier unit, powered in turn by three-phase



Pic. 1. Auxiliary circuit diagram of a DC electric train during operation with a minimum load.





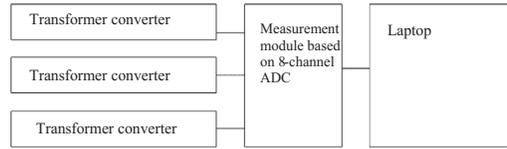
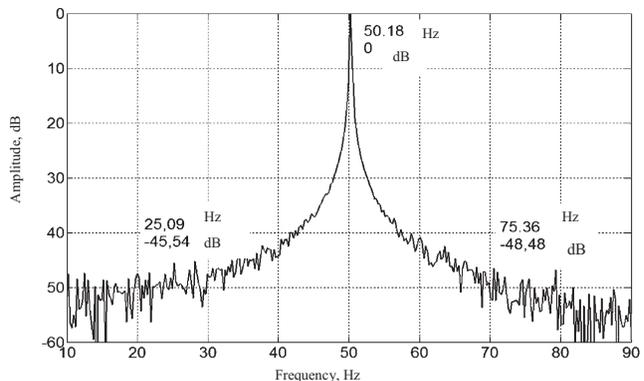
Pic. 2. Model of phase current spectrum of the converter during operation of auxiliary circuits with minimal load.

voltage of the generator. Generator of a converter is a four-pole synchronous machine with salient poles located on the shaft. Excitation of the generator is independent; drive winding is powered similarly to independent drive winding of the engine.

The ends of three-phase generator stator winding are permanently connected with rectifier unit to power drive windings and three-phase transformer, from which 6-pulse uncontrolled rectifier is powered, which provides low-voltage control circuits with rectified current of 110 volts and the battery charge. Other consumers use three-phase AC circuit as needed – compressor unit turns on with a pressure drop in the feed network of electric train below 6,5 kgf/cm² and it turns off when the pressure reaches 8 kgf/cm². Electric motors of enclosed platforms' ventilation and air conditioning system, as well as interior lighting and additional cabin heating, are turned on by locomotive crew [6].

Working conditions of a converter are characterized by a significant variation in feed voltage in the range of 2,7–4 kV, as well as frequent changes in the load from 5–7 A per phase in the mode of feeding of own drive windings and control circuits up to 170 A in the electrodynamic braking mode when controlled semiconductor rectifier receives the current from converter's generator, feeding thus drive windings of traction motors. Working conditions of a converter are influenced, moreover, by fluctuations in temperature and humidity of the environment, significant alternating dynamic loads [7] and, importantly, mishandling. The presence of these factors significantly reduces the resource of a device and may cause its premature sudden failure and related material losses.

Pic. 4. Spectrum of phase current of a converter in working order during operation with minimal load.



Pic. 3. Block diagram of experimental plant.

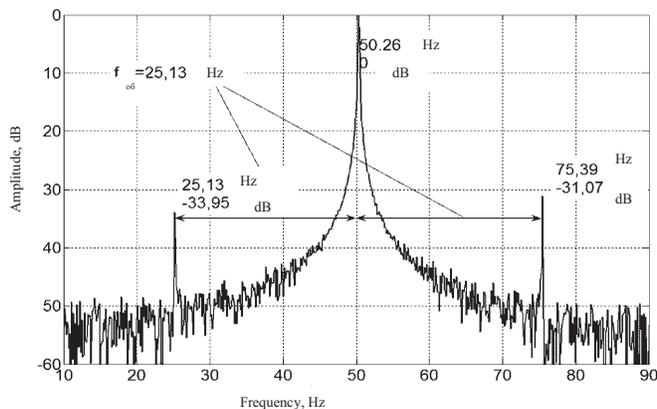
To effectively diagnose the converter within the framework of the parameters of the spectrum of three-phase alternating current, analysis of three-phase alternating current should be carried out when converter operates with a minimum load. It allows to exclude influence of consumers' currents on the AC waveform of a converter's generator. In this mode, as already noted, almost all of generated power is spent on power supply of drive windings and control circuits. Pic. 1 shows a simplified circuit diagram of auxiliary circuits of an electric train with minimal load.

Spectrum of phase current of a converter in this mode (Pic. 2) is quite wide. There are all harmonics of the basic frequency, the presence of which is caused by inclusion of a single-wave rectifier in a three-phase circuit for power supply of converter's drive windings. Their level decreases wavyly with increasing frequency similar to function $|\sin(x)|/x$. The exceptions here are harmonics of the order $6-k\pm 1$ (k is a natural number) generated by a three-phase bridge rectifier, which serves to charge the battery and supply control circuits.

The physical principle as a principle of spectrum-current diagnosis, is that any disturbance in operation of electrical and / or mechanical part of the electric machine leads to changes in magnetic flux in the gap of the electric machine, and consequently to a modulation of the current consumed or generated.

Current spectrum analysis is a diagnostic method in which within the specified time interval instantaneous values of currents, consumed or generated by the machine, are recorded, a fast Fourier transform is produced and the values of the amplitudes at frequencies of defects' appearance are compared with the signal level at current's basic frequency.

For early detection of «problem» machines special attention should be paid to the appearance of rotational frequency in the current spectrum in the form of modulation of harmonics of the basic frequency. Since the converter's generator is a four-pole machine, speed of converter shaft is always equal to half of the basic frequency of current



Pic. 5. Spectrum of phase current of a converter in pre-accident state during operation with minimal load.

and if there is an imbalance of the rotor, sidebands should appear in the current spectrum at 25 Hz on the left and right of the rotational frequency and its harmonics. Thus, when converter shaft rotates at 1500 rev / min and the corresponding frequency of generated current is 50 Hz, reliable diagnostic feature of the imbalance is the presence in the current spectrum of components at frequencies of 25, 75, 125 Hz, etc.

Technique of converters' troubleshooting, based on spectrum analysis of three-phase alternating current, is currently implemented in the form of experimental plant (Pic. 3), consisting of transformer converters connected to the analog inputs of the measurement module based on 8-channel 16-bit delta-sigma ADC and a laptop within a local network with specialized software

In order to obtain experimental data signals of three phase alternating current of converters were recorded at the commissioning stage, as well as the signals of the converters, which were in operation

Keywords: electromotive, technical diagnostics, troubleshooting, transverter, imbalance, AC spectrum, on board monitoring system, experimental plant.

REFERENCES

1. Kostyukov, V. N., Sizov, S. V., Aristov, V. P., Kostyukov, A. V. Safe resource efficient operation of multiple unit based on real-time monitoring [Bezopasnaya resursoberegayushchaya ekspluatatsiya MVPS na osnove monitoringa v real'nom vremeni]. *Nauka i transport*, 2008, pp. 8–13.
2. Kostyukov, V.N., Naumenko, A. P. Fundamentals of diagnosis and monitoring of machines: machines. Tutorial [Osnovy diagnostiki i monitoringa mashin: uchebnoe posobie]. Omsk, OmGTU publ., 2011, 360 p.
3. Petuhov, V.S., Sokolov, V. A. Troubleshooting of the state of electric motors. Spectral analysis of current consumption [Diagnostika sostoyaniya elektrodvigatelye. Metod spektral'nogo analiza potrebyaemogo toka]. *Novosti elektrotehniki*, 2005, No.1, vol.31, pp.50–52.
4. Tsurpal, A. E. Fault analysis of auxiliary machines of multiple units for the purpose of troubleshooting [Analiz neispravnostey vspomogatel'nyh mashin motorvagonnogo podvizhnogo sostava s tsel'yu ih diagnostirovaniya]. In: Science, education,

from one to two years, including those, which were in pre-accident state.

As an example, Pic. 4 shows spectral recording of the phase current of a converter in working order, and Pic. 5 does the same for a converter in pre-accident state. Studying Pic. 5 one can easily see the pronounced components of a pre-accident converter with a frequency of 25 Hz and 75 Hz. It is the basic frequency modulation due to the frequency of rotation of the converter. The presence of such a component confirms rotor unbalance [2] of the converter.

Conclusions. 1. The most common cause of failures of rotary converters is connected to rotor and bearing defects.

2. Rotational frequency is clearly identified within the current spectrum of the generator.

3. It is established that if there is a rotor imbalance of a converter, then one can observe components at rotational frequency within the three-phase current spectrum in the form of modulation of basic frequency harmonics.

business. Works of Russian scientific and practical conference [*Nauka, obrazovanie, biznes: Materialy Vseros. nauch. – prakt. konf.*]. Omsk, OmGTU publ., 2011, pp. 222–223.

5. Technical analysis of spoilage, malfunctions and unplanned repairs of electric trains in 2008. Commuter services administration of passenger traffic department of JSC Russian Railways [Tehnicheskij analiz porch, neispravnostey i neplanovogo remonta elektropoezdov za 2008 god. Upravlenie prigorodnyh passazhirskih perezovok Departamenta passazhirskih soobshcheniy OAO «RZhD»]. Moscow, 2009.

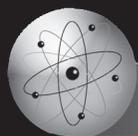
6. Prosvirin, B.K. DC electric trains with electric braking [Elektropoezda postoyannogo toka s elektricheskim tormozheniem]. Moscow, Transizdat publ., 2000, 328 p.

7. Fedyukov, Yu.A., Marchenko, E.A., Foshkina, S. V. Modes of operation and diagnostics of auxiliary machines of AC locomotives [Rezhimy raboty i diagnostika vspomogatel'nyh mashin elektrovozov peremennogo toka]. *Lokomotiv*, 2011, No. 7, pp. 32–33.

Координаты авторов (contact information): Костюков В. Н. (Kostyukov, V.N.), Цурпаль А. Е. (Tsurpal, A.E.) – post@ynamics.ru.

Статья поступила в редакцию / article received 10.04.2014
Принята к публикации / article accepted 15.06.2014





Работоспособность жестких покрытий зоны приземления самолетов



Виктор НАЗАРОВ

Viktor V. NAZAROV

Как показали экспериментальные исследования, переменные вертикальные нагрузки, действующие на покрытие аэродрома, носят случайный характер. В связи с этим для оценки надежности покрытий необходим расчетный метод, связующий характеристики случайного процесса нагружения с простейшей характеристикой выносливости – кривой Веллера. Предложенные в статье решения позволяют определить расчетный срок службы плит покрытия зоны приземления самолетов с учетом параметров грунтового основания и степени воздействия динамики нагружения посадочной полосы. Это дает возможность правильно оценить ресурс конструкции покрытия в процессе проектирования, а также обеспечить оптимальные условия ее эксплуатации путем регулирования в аэропортах посадочных операций расчетных самолетов по рабочим курсам.

Ключевые слова: аэродром, эксплуатационные циклы, система «плита–грунт», взлётно-посадочные полосы, работоспособность, жёсткие покрытия, расчётная модель.

Назаров Виктор Владимирович – кандидат технических наук, доцент Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

В соответствии с действующими указаниями по проектированию аэродромов расчет интенсивности эксплуатации покрытий определяется с помощью коэффициента приведения, принимаемого в зависимости от отношения нагрузки на колесо j -го самолета к нагрузке на колесо расчетного.

Однако наиболее полной характеристикой условий интенсивности нагружения являются эксплуатационные циклы, которые позволяют оценить с заданной вероятностью основные параметры, оказывающие влияние на прочность и долговечность конструкции покрытий аэродромов. В [1] показано, что при моделировании на АВМ динамического воздействия колес самолетов в момент приземления возникающий переходный процесс включает в себя несколько циклов деформации покрытия. В этом случае учет энергии было предложено находить с помощью коэффициента влияния k_e , величина которого изменяется в диапазоне от 1 до 1,12.

При оценке интенсивности повреждения покрытия аэродромов в условиях эксплуатации необходимо учитывать тот факт, что в процессе приземления величина нагрузки от колес самолетов определя-

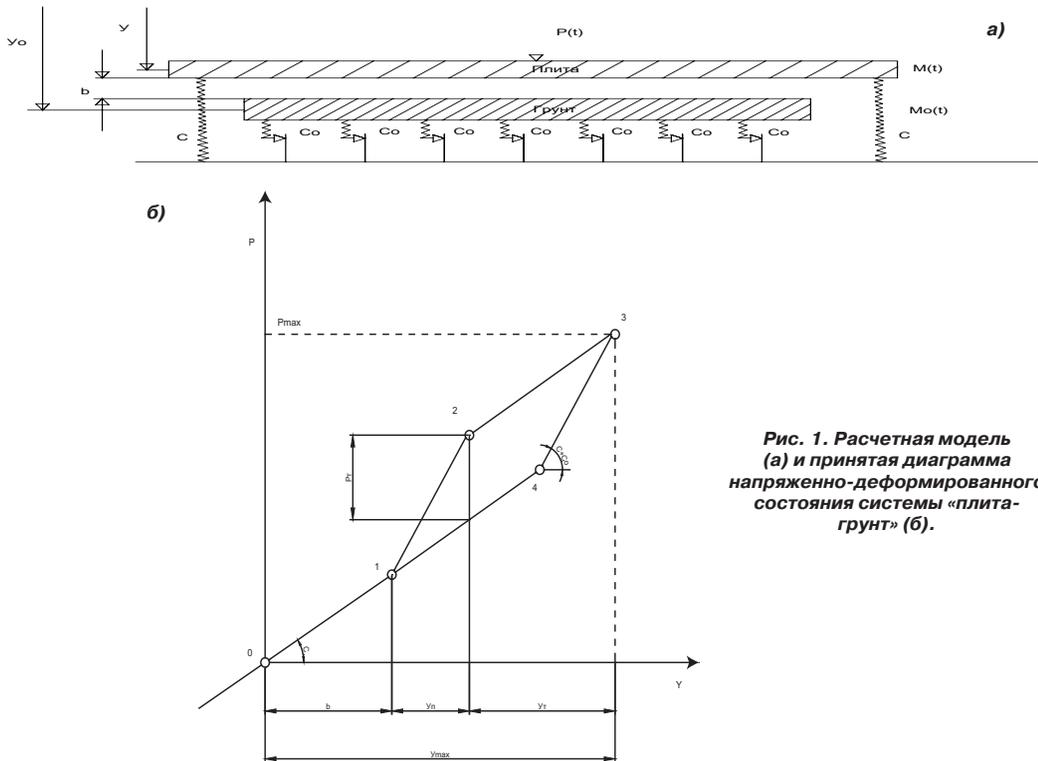


Рис. 1. Расчетная модель (а) и принятая диаграмма напряженно-деформированного состояния системы «плита-грунт» (б).

ется не только посадочной массой, но и величиной вертикальной перегрузки. Кроме того, интенсивность нагружения покрытия в значительной степени зависит от прочности грунтового основания, упруго-пластические характеристики которого в предложенной модели системы «плита-грунт» оцениваются переменной жесткостью $C_0 = f(y)$ и параметром петли P_T (рис. 1).

В первом приближении учет меры повреждаемости покрытия, вносимой каждой посадкой самолета, может быть выполнен по выражению:

$$k_\lambda = \lambda^2 k_e = \lambda^2 (1 + \Sigma y^2 T_1 / T_2), \quad (1)$$

где k_λ – коэффициент влияния динамики прогиба покрытия аэродрома;

λ – динамический коэффициент, определяемый в зависимости от посадочного места и коэффициента перегрузки.

На рис. 2 представлены зависимости, связанные с использованием коэффициента k_λ . Видно, что величина k_λ в случае линейной задачи больше, чем при схеме деформации покрытия с параметром $P_T = 20$ т. При этом для обычных посадок самолетов с вертикальной перегрузкой $n_y \leq 2$ значение коэффициента k_λ меньше единицы. Однако в отдельных случаях (например, при «грубых» посадках) покрытие

взлетно-посадочной полосы (ВПП) может получать значительные повреждения, приводящие к преждевременному разрушению.

На рис. 3 дается график зависимости $k_\lambda = f(P_T)$, из которого видно, что величина коэффициента k_λ при посадке самолета может изменяться в широком диапазоне. При этом в случае посадки на одну из основных опор шасси покрытие ВПП получает значительно большее повреждение, чем при симметричной посадке, что объясняется различными значениями приведенных масс плиты и грунтового основания. Вместе с тем величина коэффициента k_λ может быть больше или меньше единицы в зависимости от значения вертикальной перегрузки при посадке. Причем, как показали результаты исследований, посадки самолетов с газотурбинными двигателями (ГТД) выполняются, как правило, на одну из основных опор [2]. На основании изложенного для определения срока службы плит покрытия зоны приземления ВПП рекомендуется выражение:

$$T_{3П} = N_{1(d)} / F(x, y) \Sigma k_{sj} k_{\lambda j} N_j, \quad (2)$$

где $T_{3П}$ – расчетный срок службы плит покрытия зоны приземления ВПП в годах;



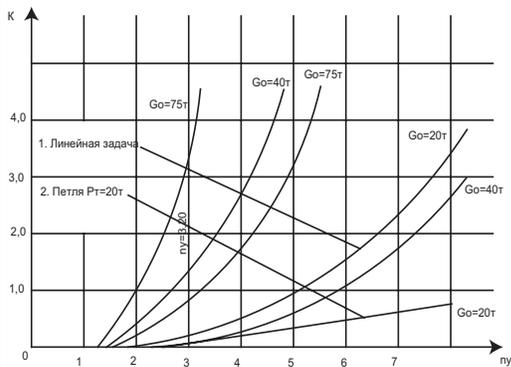


Рис. 2. Зависимость коэффициента влияния динамики нагружения покрытия аэродрома K_l от величины перегрузки при посадке самолета с полетным весом 75, 40 и 20 т.

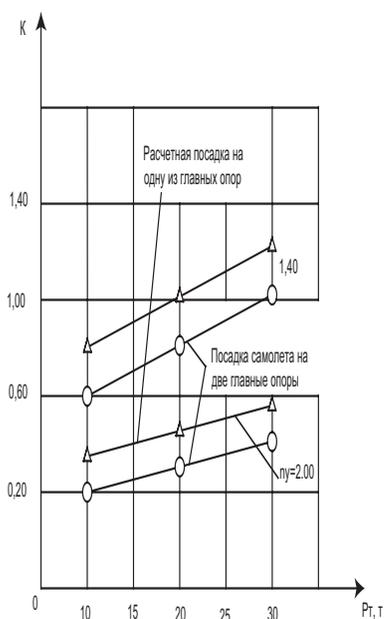


Рис. 3. Зависимость коэффициента влияния динамики нагружения покрытия аэродрома K_l от параметра P_T при посадке расчетного самолета.

$F(x, y)$ — плотность вероятности распределения посадочных ударов колес самолетов по длине и ширине зоны приземления;

$N_{l(d)}$ — линейная предельная диаграмма (обозначим ее через индекс l) и диаграмма Одингга (обозначим ее через индекс d), которая определяется соответственно по формулам, приведенным в [3] и [4];



Рис. 4–6. Пример приземления самолета Ту-154 в аэропорту Домодедово.

n_c — годовая интенсивность эксплуатации покрытия ВПП при посадке расчетных самолетов с данным магнитным курсом.

В связи с тем, что рассмотренный способ определения ресурса плит зоны приземления зоны ВПП предлагается впервые и отсутствует целый ряд необходимых исходных данных (например, разрушающая для покрытия вертикальная перегрузка — n_{yp}), целесообразно в процессе вычисления кривых диаграмм $N_{l(d)}$ расчет вести в параметрической форме для нескольких значений неизвестных величин, которые в даль-

Таблица 1

Значение параметров A и m кривых усталости симметричного цикла

Вид диаграммы	$P_T = 10$ т		$P_T = 20$ т		$P_T = 30$ т	
	m	A	m	A	m	A
Линейная (l)	0,585	0,75	0,366	0,65	0,217	0,58
Одингга (d)	1,167	0,50	0,733	0,48	0,434	0,49

нейшем подлежат определению или уточнению.

В таблице 1 в качестве примера расчета представлены параметры A и m в кривых усталости симметричного цикла для $P_t = 10, 20, 30$ тонн при $n_y = 3, 2$ и $n_{yp} = 7$.

Как видно из таблицы, для каждого состояния грунтового основания покрытия аэродрома, характеризуемого параметром петли P_r , показатель кривой усталости в случае диаграммы Одинга больше, чем для случая линейной, т. е. $m_d > m_l$. Полные диаграммы усталости при вероятности появления трещин, равной 50%, получаются в виде:

$$\begin{aligned} N_l &= A_l (1-k) / k^{m_l}; \\ N_d &= A_d / (kk+k^2)^{0,5m}. \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь k и kk – коэффициенты средней и переменной нагрузки на покрытие ВПП при посадке самолета.

Таким образом, рекомендуемое выражение (2) позволяет определить расчетный срок службы покрытия зоны приземления ВПП с учетом сезонных изменений в грунтовом основании. Это дает возможность оценить ресурс конструкции при проектировании, а также обеспечить оптимальные

условия эксплуатации покрытия путем регулирования в аэропортах посадочных операций расчетных самолетов по рабочим курсам.

На наш взгляд, современные вычислительные средства способны значительно расширить задачу при расчете аэродромных покрытий (учесть изменения физических свойств грунтового основания в зависимости от климата, сезонности, времени суток и др.). Однако экспериментальные данные пока отсутствуют. Нужны надежные адреса аэродромных служб для восполнения очевидного дефицита подобной информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров В. В. К вопросу оценки усталостной долговечности жестких покрытий аэродромов // Труды ГосНИИ ГА. – Вып. 142. – М., 1977. – С. 133–141.
2. Ромашков В. М., Назаров В. В. Исследование системы «самолет-аэродром» и разработка требований к эксплуатационному состоянию и технологии содержания аэродрома с учетом обеспечения полетов новых летательных аппаратов // Отчет ГПИ и НИИ ГА «Аэропроект», инв. № 1828. – М., 1976. – 75 с.
3. Одинг И. А. Допустимые напряжения в машиностроении и циклическая прочность металлов. – М.: Mashgiz, 1962. – 260 с.
4. Форрест П. Усталость металлов: Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1968. – 352 с. ●

PERFORMANCE OF RIGID PAVEMENT IN PLANES' LANDING AREA

Nazarov, Viktor V. – Ph.D. (Tech), associate professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

ABSTRACT

As it is shown by experimental studies, variable vertical loads acting on the pavement of the airdrome are random in nature. In this regard, to assess the reliability of pavements calculation method is necessary, bonding characteristics of the random loading process with the simplest fatigue behavior – Wohler curve. The article proposes methods providing for determining the design life of pavement in planes' landing area within the parameters of the foundation material and the impact of the loading dynamics of airdrome pavement. This makes it possible to properly assess structural life of the pavement in the design process, and to ensure optimal conditions of its operation by controlling the amount of landing operations of calculated aircrafts from different runway headings.

ENGLISH SUMMARY

Background. In accordance with applicable instructions for airdrome design calculation of operating rate of pavements is determined by modular ratio, which is taken up depending on the ratio of wheel load of j -th aircraft to wheel load of a calculated aircraft.

However, the most complete characteristics of load intensity are operating cycles (OC), which make

it possible to estimate with a given probability the main parameters that influence integrity and life duration of pavements of airdromes. In [1] it is shown that during simulation on analog computers of the dynamic effects of aircraft wheels at landing, a transient process involves several cycles of deformation of the pavement. In that regard, it was proposed to calculate energy using coefficient of influence k_d , whose value ranges from 1 to 1, 12.

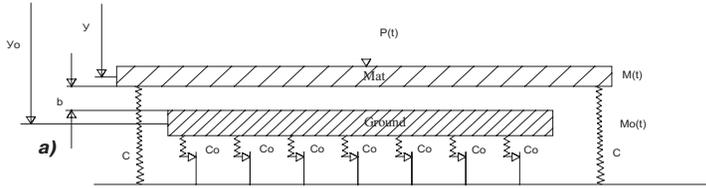
Objective.

The objective of the author is to propose a method enabling to determine the design life of pavement in planes' landing area within the parameters of the foundation material and the impact of the loading dynamics of airdrome pavement.

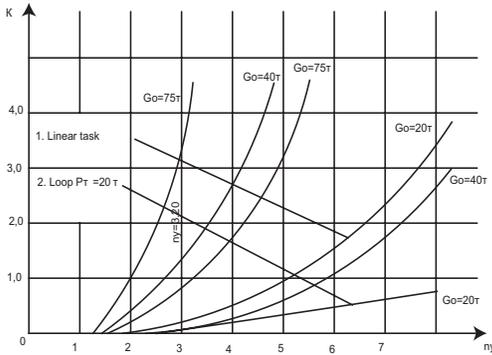
Methods. The study is based on the model of «plate-ground» system with nonlinear dissipative and elastic properties which reflects real conditions of deformation of airdrome pavements.

Results. In assessing the intensity of damage of airdrome pavements it should be considered that in the process of landing the load from the aircraft wheels is determined not only by landing weight, but also by vertical load factor. Furthermore, load intensity of a pavement is largely dependent on the strength of foundation material, whose elastic-plastic characteristics in the proposed model «plate-ground»

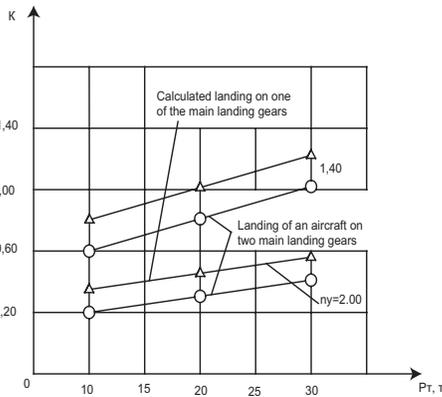




Pic. 1. Calculation model (a) and adopted diagram of stress-strain behavior of the system «plate-ground» (b).



Pic. 2. Dependence of influence coefficient of load dynamics of airdrome pavement \$k\$ from overload degree at landing of an aircraft with flight weight of 75, 40 and 20 tons.



Pic. 3. Dependence of influence coefficient of load dynamics of airdrome pavement \$k_\lambda\$ from parameter \$P_T\$ at landing of a calculated aircraft.

are estimated by variable stiffness $C_0=f(y)$ and the parameter of the loop P_λ (Pic. 1).

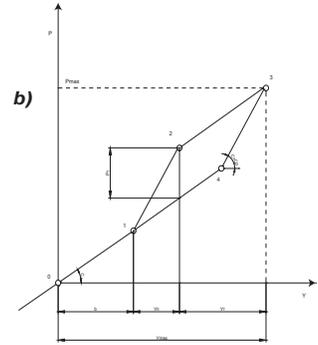
In a first approximation, accounting of damageability degree of a pavement, introduced by each landing of the plane, may be made by the expression:

$$k_\lambda = \lambda^2 k_e = \lambda^2 (1 + \sum y^2 T_v / T_v), \quad (1)$$

where k_e is an influence coefficient of deflection dynamics of an airdrome pavement;

λ is a dynamic coefficient to be determined depending on the landing place and overload factor.

Pic. 2 shows dependences associated with the use of coefficient k_λ . It can be seen that value of k_λ in case of linear task is higher than in case of the pavement deformation scheme with parameter $P_T = 20$ tons. Thus for normal landings with vertical load factor $n_y \leq 2$ coefficient k_λ is less than unity. However, in some cases (for example, «rough» landings) runway



pavement can receive significant damage, leading to premature destruction

Pic. 3 provides a graph of dependence $k_\lambda=f(P_T)$, which shows that the coefficient k_λ at landing of an aircraft can vary widely. In the case of a landing on one



Pic.4–6. Examples of landing of Tupolev-154 aircraft at Moscow Domodedovo airport.

Table 1

Values of parameters A and m in curves of symmetric cycle fatigue

Type of a diagram	P _T =10 t		P _T =20 t		P _T =30 t	
	m	A	m	A	m	A
Linear (l)	0,585	0,75	0,366	0,65	0,217	0,58
Oding (d)	1,167	0,50	0,733	0,48	0,434	0,49

of the main landing gears runway pavement receives significantly more damage than at symmetrical landing, due to different values of given masses of a mat and foundation material. However coefficient k_x may be higher or less than unity depending on the values of vertical load factor at the landing. Moreover, as it is shown by the results of studies, landing of aircrafts with turbine engines are performed, as a rule, on one of the main landing gears [2]. Based on the above, to determine lifetime of mats of pavement in the landing area of a runway, the following expression is recommended:

$$T_{3n} = N_{l(d)} / F(x, y) \sum k_y k_z N_p \quad (2)$$

where T_{3n} is an estimated lifetime of mats of a pavement in the landing area of a runway in years;

$F(x, y)$ is a density of distribution of landing impacts of aircraft wheels along the length and width of the landing area;

$N_{l(d)}$ is a linear limit diagram (denoted by index l) and Oding diagram (denoted by index d), which is determined by formulas [3] and [4];

n_c is annual operation rate of runway pavement during landing of calculated aircrafts with the magnetic heading.

Due to the fact that considered method for determining resource of mats of a runway landing area is proposed for the first time and there is a lack of a number of necessary input data (e. g., vertical load factor n_y , which would have a breaking effect for a pavement), it is advisable in the calculating of curves in the diagrams $N_{l(d)}$ to conduct calculation in parametric form for several values of the unknown quantities, which then must be determined or specified.

In Table 1, as an example of the calculation are introduced parameters A and m in curves of the symmetric cycle fatigue for $P_t = 10; 20; 30$ tons at $n_y = 3,2$ and $n_z = 7$.

As the table shows, for each state of foundation material of an airdrome pavement, characterized by parameter of the loop P_t , index of the fatigue

curve in case of Oding diagram is higher than for linear one, i. e. $m_d > m_l$. Full fatigue diagrams at cracking probability of 50% are obtained in the form:

$$\begin{aligned} N_l &= A_l (1-k) / k^{mc}; \\ N_d &= A_d / (kk+k^2)^{0,5m}. \end{aligned} \quad (3)$$

Here k and kk are coefficients of average and variable loads on the runway pavement while aircraft landing.

Thus, the recommended expression (2) makes it possible to determine the expected lifetime of a pavement in the runway landing area, taking into account seasonal variations in the foundation material. This provides an opportunity to evaluate structural life in the design, as well as to provide optimal operating conditions of a pavement by regulating landing operations of calculated aircrafts by runway headings.

Conclusion. In the author's opinion, modern computational tools can greatly extend the task of calculating airdrome pavements (taking into account changes in physical properties of foundation material, depending on the climate, season, time of day, etc.). However, experimental data are not yet available. Reliable addresses of airdrome services are required to compensate for apparent scarcity of such information.

The methods proposed in the article enable to determine the design life of mats of pavement in the runway landing area with account of parameters characterizing the state of a pavement foundation material and impact degree of the load dynamics of airdrome pavements at aircraft landing. This makes it possible to properly assess structural life of a pavement in the design process, and to ensure optimal operating conditions of a pavement in the runway landing area by regulating the amount of landing operations of calculated aircrafts from different runway headings.

Keywords: airdrome, operational cycles, «mat-ground» system, runways, performance, rigid pavements, calculation model.

REFERENCES

1. Nazarov, V. V. On evaluation of the fatigue life of rigid pavements of airdromes [K voprosu otsenki ustalostnoy dolgovechnosti zheskikh pokrytiy aerodromov]. Trudy GosNII GA. Vol. 142. Moscow, 1977, pp. 133–141.
2. Romashkov, V.M., Nazarov, V. V. The study of the «aircraft-airdrome» system and development of requirements for operating condition technology and maintenance technology for an airdrome with account of flight support of new aircrafts [Issledovanie sistemy «samolet-aerodrom» i razrabotka trebovaniy k ekspluatatsionnomu sostoyaniyu i tehnologii soderzhaniya

aerodroma s uchetom obespecheniya poletov novykh letatel'nykh apparatov]. Report of GPI and NII GA Aeroproekt [Orchet GPI i NII GA «Aeroproekt»], inv. № 1828, Moscow, 1976, 75 p.

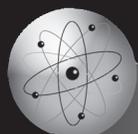
3. Oding, I. A. Permissible Stresses in Engineering and Fatigue Strength of Metals [Dopustimyye napryazheniya v mashinostroenie i tsiklicheskaya prochnost' metallov]. Moscow, Mashgiz publ., 1962, 260 p.

4. Forrest, P. Metal Fatigue [Russian title: Ustalost' metallov. Translated from English]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1968, 352 p.

Координаты автора (contact information): Назаров В. В. (Nazarov, V.V.) – +7 (495) 6163529.

Статья поступила в редакцию / article received 06.03.2014
Принята к публикации / article accepted 15.05.2014





Эксплуатационная надежность пассажирских станций



Алексей КУБРАК

Alexey A. KUBRAK

Обосновывается необходимость определения степени влияния организационно-технических отказов (в виде задержек при пропуске поездов и во время обработки составов) на надежность работы пассажирских и технических пассажирских станций. Выявлена потребность в проведении анализа их деятельности на основе предлагаемой автором таблицы «Задержки составов вагонов по элементам технологического цикла формирования и оборота пассажирских поездов, возникшие в результате отказов разного рода в подсистемах станций».

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, пассажирская станция, техническая пассажирская станция, эксплуатационная работа, надежность, отказ, табличный анализ.

Кубрак Алексей Анатольевич – аспирант кафедры «Железнодорожные станции и узлы» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), ведущий инженер ОАО «ФПК», Москва, Россия.

Совершенствование подвижного состава и технической базы – неременная часть проблемы надежности функционирования железнодорожного транспорта. Достаточные объемы пропускной и перерабатывающей способности, пропорциональное развитие железнодорожных направлений, узлов, станций, депо оказывают большое влияние на качество эксплуатации сети. Поскольку на сортировочных, участковых, грузовых, пассажирских и других станциях происходят массовые технологические процессы обработки, расформирования и формирования поездов, операции по погрузке и разгрузке вагонов, идет зарождение и погашение транспортного потока, надежность станционных систем оказывает решающее воздействие на состояние отдельных звеньев, участков, полигонов, их готовность демонстрировать свою полную работоспособность и безопасность для заказчиков транспортных услуг.

Рассмотрим в связи с этим одну из задач общей теории транспортных потоков – определение оптимального их варианта в элементе. Если поток превышает свой оптимум, элемент будет работать в режиме перегрузок, с задержками, заторами, отка-

Содержание понятия «надежность» в научной литературе

Авторы	Содержание понятия
П.С. Грунтов «Эксплуатационная надежность станций», 1986.	«Это свойство системы или любого промышленного изделия сохранять свои функции и характеристики работы в определенных условиях эксплуатации» [1].
В.А. Острейковский «Теория надежности», 2003.	«Это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортировки» [2].
И.А. Рябинин «Надежность и безопасность структурно-сложных систем», 2000.	«Это способность системы сохранять свойства, необходимые для выполнения заданного назначения, при нормальных (повседневных) условиях ее эксплуатации в течение требуемого промежутка времени» [3].

зами, экономическими потерями. Но в случае с железнодорожной станцией ситуация может выглядеть по-другому: из-за несовершенства схемы станции, отсутствия налаженного взаимодействия между причастными службами и подразделениями, а также с учетом некоторых других факторов, здесь может возникнуть устойчивая воспроизводимость определенных ситуаций, носящих характер эксплуатационных отказов. И для устранения столь неприятного явления становится необходимым исследовать вопросы, касающиеся надежности выполнения станциями своих обязанностей (в рамках отраслевой системы) и обязательств (перед клиентами).

Обобщенно надежность перевозок наряду с другими признаками, характеризующими уровень работы транспорта (общее время в пути, сохранность грузов, стоимость перевозки), выступает важным **объективным критерием** качества перевозочно-го процесса.

По природе их возникновения эксплуатационные отказы можно разделить на два типа:

- отказы технических средств;
- организационно-технологические отказы, не связанные непосредственно с износом, поломками, ухудшением параметров работы технических средств.

Большинство организационно-технологических отказов являются групповыми перемежающимися отказами — многократно возникающими сбоями одного и того же характера, которые периодически повторяются в связи с разнообразными причинами задержек транспортного потока.

Такие транспортные системы, как пассажирская или пассажирская техническая станция, имеют сильную структурную и функциональную связность и трудно поддаются расчету. За последние несколько десятилетий накопился опыт применения тех или иных методологических подходов и моделей расчета и оптимизации транспортных систем: к примеру, есть труды Е. В. Архангельского об этапности развития, загрузки и эксплуатационной надежности работы станций; исследования В. И. Апатцева по поводу способов повышения надежности и эффективности грузовых станций; И. Н. Шапкина — об оптимизации структуры и технологического цикла работы пассажирских технических станций на основе методов теории чувствительности.

Немалое число научных публикаций посвящено вопросам выявления первопричин возникновения задержек транспортного потока непосредственно на станции. В частности, Е. Н. Тимухина и А. Н. Котенко свой анализ строят на исследовании отказов технических средств и соответственно показывают их распределение по причинам и месту зарождения. Но не меньшее влияние на надежность станций оказывают и организационно-технические отказы.

Проблемой в этой области остается размытость такого понятия, как «отказ», и неофициальный статус отказов (в сущности говоря, они являются задержками в обработке составов): допустим, простой составов в ожидании обслуживания на ВММ (вагономоечная машина) или





Задержки составов вагонов по элементам технологического цикла формирования и оборота пассажирских поездов, возникшие в результате отказов разного рода в подсистемах пассажирской и технической пассажирской станций

Распределение отказов по элементам технологического цикла обработки состава		Источник поступивших сведений
До прибытия пассажирского поезда на станцию	Отказы в период приема пассажирского поезда на станцию	1. Журнал ф. ДУ-46; 2. Протокол отказов устройств СЦБ; 3. Материал по расследованию случаев отказа работы устройств СЦБ станции; 4. Анализ состояния безопасности; 5. Система КАСАТ; 6. Суточный план-график, ведущийся на постах централизации станции; 7. Протокол совещания, материалы разбора из-за чего станция стояла на неприеме поездов; 8. График исполненного движения поездов; 9. График движения поездов, ведущийся ДНЦ участка.
1-й элемент технологического цикла (в парке прибытия)	Отказы в период нахождения состава в приемо-оправочном парке (до подачи на парково-экипировочный пути)	1. Журнал ф. ДУ-46; 2. Протокол отказов устройств СЦБ; 3. Материал по расследованию случаев отказа работы устройств СЦБ станции; 4. Анализ состояния безопасности; 5. Система КАСАТ; 6. Суточный план-график, ведущийся на постах централизации станции; 7. Журнал ф. ДУ-2; 8. Журнал ф. ВУ-14; 9. Журнал ф. ДУ-46.
2-й элемент технологического цикла (время нахождения в экипировочном парке)	Отказы в период обслуживания составов пассажирских поездов в пунктах формирования и оборота	1. Суточный план-график, ведущийся на постах централизации станции; 2. Журнал ф. ДУ-46; 3. Протокол отказов устройств СЦБ; 4. Материал по расследованию случаев отказа работы устройств СЦБ станции; 4. Анализ состояния безопасности; 5. Система КАСАТ; 6. Журнал ф. ВУ-14.
3-й элемент технологического цикла (перестановка в парк и отправление пассажирского поезда)	Отказы в период выставления в приемо-отправочный парк и отправления пассажирского поезда со станции	1. Журнал ф. ДУ-46; 2. Протокол отказов устройств СЦБ; 3. Материал по расследованию случаев отказа работы устройств СЦБ станции; 4. Анализ состояния безопасности; 5. Система КАСАТ; 6. Суточный план-график, ведущийся на постах централизации станции; 7. График исполненного движения; 8. Система КАСАТ

маневровой работы по уменьшению/полнению и т. д. Они обозначаются графически причастным персоналом в графике исполненного движения на постах централизации, однако учет в письменной форме не ведется [4]. Это обусловлено спецификой самой эксплуатационной работы (общее количество таких событий достаточно велико), сведения о каждом явлении содержатся в разных источниках информации (станционных журналах, справках различных форм) и несут за них ответственность разные службы и подразделения.

Предлагается провести анализ факторов, влияющих на обработку, качественное обслуживание и экипировку составов пассажирских поездов на станциях с помощью таблицы 2. В ней отказы, которые возни-

кают в процессе обработки и подготовки в рейс пассажирских составов, сгруппированы в четыре элемента технологического процесса:

1. Отказы в период **приема** пассажирского поезда на станцию.

2. Отказы в период **нахождения** состава в приемо-отправочном парке (до подачи на парково-экипировочный путь).

3. Отказы в период **обслуживания составов** пассажирских поездов в пунктах формирования и оборота.

4. Отказы в период выставления в приемо-отправочный парк и **отправления** пассажирского поезда со станции.

Соответственно ниже приводятся примеры характерных ситуаций, которые могут произойти в различные моменты

технологического цикла обработки составов поездов (оборотных и своего формирования) в течение смены на пассажирской и технической пассажирской станциях:

– отказы в работе устройств СЦБ и связи, в т. ч. других станций;

– занятость всех путей приемо-отправочного парка составами, враждебность маршрутов отправления/прибытия;

– сложная поездная обстановка на диспетчерском участке, обусловленная особенностью схемы станции и/или необходимостью пропуска опаздывающих поездов;

– отказы в работе устройств и оборудования вагонов, повлекшие необходимость маневровой работы по исключению соответствующего вагона из состава;

– невозможность подачи в экипировочный парк (занятость всех путей экипировочного парка составами);

– отказы в работе со стороны маневрового локомотива в процессе перестановки состава под различные операции (уменьшение/пополнение составов, обмывка, экипировка углем, зарядка аккумуляторных батарей, подача вагонов с выявленными дефектами в пункт осмотра) или из-за отсутствия/занятости локомотивов;

– занятость всех путей экипировочного парка и вытяжек формирования;

– загруженность маневрового локомотива, обусловленная выполнением прицепок/отцепок вагонов, необходимостью перемещения по станции специализированных вагонов (вагонов-салонов, лабораторий: путеизмерительной, дефектоскопии и т. д.);

– несвоевременность проведения экипировочных работ причастными службами, повлекшая за собой увеличение времени на обработку пассажирского состава (на пассажирской технической станции или в экипировочном парке);

– отказы в работе со стороны поездного локомотива, невозможность своевременной подачи под состав;

– несоответствия в функционировании СЦБ;

– брак в работе пункта технического осмотра (ПТО);

– сложная поездная обстановка на диспетчерском участке, обусловленная осо-

бенностью схемы станции и/или необходимостью пропуска опаздывающих поездов.

Определенная статистическая выборка, надо полагать, позволит выявить факторы, оказывающие наибольшее влияние на надежность эксплуатации пассажирских и технических пассажирских станций. Несомненно, при этом показатель работы пункта технического осмотра, заслуживающий особого внимания при анализе, – объем текущего отцепочного ремонта пассажирских вагонов, выполненного в течение смены на станциях формирования и оборота пассажирских вагонов. Он прямо влияет на три фактора: загруженность маневрового локомотива, занятость путей экипировочного парка и вытяжек формирования.

При описании распределения числа отцепляемых вагонов при переформировании, а также при отцепке в ремонт планируется использовать дискретные распределения – Пуассона и биномиальное, которые больше соответствуют физической сути изучаемого явления [5].

И наконец – последнее, что вытекает из представленного в статье материала. Едва ли не первоочередной в дальнейших исследованиях должна стать задача *установить зависимость величины эксплуатационной надежности пассажирской и технической пассажирской станций от их технического оснащения и используемых технологий.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Грунтов П. С. Эксплуатационная надежность станций. – М.: Транспорт, 1986. – 247 с.
2. Острейковский В. А. Теория надежности: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2003. – 463 с.
3. Рябинин И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. – СПб.: Политехника, 2000. – 248 с.
4. Пассажирские станции/ Под ред. Н. В. Правдина – М.: Транспорт, 1973. – 272 с.
5. Падня В. А. Применение теории массового обслуживания на транспорте. – М.: Транспорт, 1968. – 208 с.
6. Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы): учебник / Н. В. Правдин, С. П. Вакуленко, А. К. Головнич и др.; под ред. Н. В. Правдина и С. П. Вакуленко. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. – 1086 с.
7. Тимухина Е. Н. Методология исследования работоспособности станций при технологических сбоях // Транспорт Урала. Екатеринбург, 2011. – № 4. – С.58–62.



OPERATIONAL RELIABILITY OF PASSENGER STATIONS

Kubrak, Alexey A. – Ph.D. student of the department of railway stations and junctions of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), leading engineer of JSC «Federal Passenger Company», Moscow, Russia.

ABSTRACT

The article raises the problem of the need to define the impact of organizational-technical failures (in operational work, presented in the form of delays incurred in handling of trains and during processing of trains) on the reliability of operations of passenger stations and coach yards. The author identified the necessity of analysis of operation of these stations, on the basis of a table proposed by the author and entitled «Delays of trains classified into elements of the technological cycle of formation and turnaround of passenger trains resulting from failures of various kinds in subsystems of a passenger station and a coach yard».

Operational failures can be divided into two types:
 – Failures of technical equipment;
 – Organizational and technological failures, not directly related to wear and tear, failure, deterioration of working parameters of technical facilities.

Most of the organizational and technological failures are group intermittent failures – failures of the same nature which are repeated periodically due to various causes of traffic flow delays.

Transport systems such as passenger stations or coach yards, have a strong structural and functional connectivity and are difficult to calculate. Over the past few decades experience has been accumulated in application of various methodological approaches and models of computation and optimization of transport systems.

A considerable number of publications are devoted to identification of root causes of traffic flow delays directly at the station.

Problem in this area is blurring of term «failure» and unofficial status of failures (in fact, they are delays in trains' handling). They are indicated graphically by personnel involved in the implementation of traffic schedule at centralized control posts, but there is no accounting in writing [4]. This is due to the very specific nature of operational work (total number of such events is sufficiently large), information about each phenomenon is contained in different sources of information (station logs, certificates of various forms), while different services and departments are responsible for them.

It is proposed to analyze the factors that affect handling, quality maintenance and servicing of passenger trains at stations with the help of Table 2. In this table failures that occur during handling and preparation of passenger trains for travel, are grouped as four elements of a process:

1. Failures while receiving a passenger train at the station.
2. Failures while a passenger train is at a receiving-departure yard (prior to repositioning to a coaling track).
3. Failures while servicing passenger trains at post of formation and turnaround.
4. Failures while repositioning a passenger train to a receiving-departure yard and its departure from the station.

Accordingly, the following examples are typical situations that may occur at various moments of a technological cycle of trains' handling during the shift at a passenger station and a coach yard:

- Failures in signaling arrangement and communication system, including other stations;
- Occupancy of all tracks of a receiving-departure yard by trains, hostility of departure / arrival routes;

ENGLISH SUMMARY

Background. Overview of domestic and foreign experience shows that the identification of root causes of traffic flow delays, which occur directly at the station, is connected to a sufficiently large volume of works. Improvement of rolling stock and technical base is an indispensable part of reliability problem of rail transport functioning. Sufficient volumes of carrying capacity and processing capacity, proportional development of railway routes, junctions, stations, depots have a great impact on the quality of the network operation.

Objectives. The task is to establish the dependence of operational reliability of passenger stations and coach yards on their technology and equipment.

Methods. The author focused on the study of passenger stations and research of delays of trains classified into elements of the technological cycle of formation and turnaround of passenger trains. Theoretical base of research comprises principles of queuing theory and theory of algorithms.

Results. One of the objectives of the general traffic flow theory is determination of their optimum option with regard to an element. If the flow exceeds its optimum, the element will operate in overload mode, with delays, failures, economic losses. But in case of railway station the situation may look different: because of imperfections in the station scheme, lack of good interaction between involved departments and divisions, as well as other factors, there may be a stable reproducibility of certain situations, which have nature of operational failures. To eliminate such an unpleasant phenomenon, it becomes necessary to examine issues related to the reliable performance of duties (within the branch system) and liabilities (regarding customers) by stations.

Reliability of transportation along with other features characterizing the level of transport efficiency (total travel time, safety of goods, cost of transportation), is an important objective measure of the quality of the transportation process.

Table 1

The concept of «reliability» in scientific literature

Authors	Content of the concept
Gruntov, P. S. Operational reliability of stations 1986.	«This is a property of the system or of any industrial product to retain their functions and performance under certain operating conditions» [1].
Ostreykovskiy, V. A. Reliability Theory, 2003.	«This is a property of an object to save through time values of all parameters characterizing the ability to perform the required functions in a given mode and conditions of use, maintenance, storage and transportation within prescribed limits» [2].
Ryabinin, I. A. Reliability and safety of structurally complex systems, 2000.	«This is the system's ability to maintain properties required to perform a given task, under normal (everyday) conditions of its operation within required period of time» [3].

Table 2

Delays of trains classified into elements of the technological cycle of formation and turnaround of passenger trains resulting from failures of various kinds in subsystems of a passenger station and a coach yard

Classification of failures into elements of technological cycle of train handling		Source of information received
Prior to the arrival of a passenger train at the station	Failures while receiving a passenger train at the station	1. Log book, form DU-46; 2. Protocol of signaling equipment failures; 3. Material on investigation of failure in the signaling equipment of a station; 4. Analysis of the security; 5. System KASAT; 6. Daily schedule, which is kept at signal posts of a station; 7. Minutes of the meeting, materials on analysis the situation when station was not receiving trains; 8. Train sheet; 9. Schedule of trains, which is kept by section controller.
1 st element of the technological cycle (at receiving yard)	Failures while a passenger train is at a receiving-departure yard (prior to its repositioning to a coaling track)	1. Log book, form DU-46; 2. Protocol of signaling equipment failures; 3. Material on investigation of failure in the signaling equipment of a station; 4. Analysis of the security; 5. System KASAT; 6. Daily schedule, which is kept at signal posts of a station; 7. Log book, form DU-2; 8. Log-book, form VU-14; 9. Log book, form DU-46.
2 nd element of the technological cycle (time spent at coal handling plant)	Failures while servicing passenger trains at post of formation and turnaround	1. Daily schedule, which is kept at signal posts of a station; 2. Log book, form DU-46; 3. Protocol of signaling equipment failures; 4. Material on investigation of failure in the signaling equipment of a station; 4. Analysis of the security; 5. System KASAT; 6. Log-book, form VU-14.
3 rd element of the technological cycle (repositioning of a passenger trains to a yard and departure of a passenger train)	Failures while repositioning a passenger train to a receiving-departure yard and its departure from the station	1. Log book, form DU-46; 2. Protocol of signaling equipment failures; 3. Material on investigation of failure in the signaling equipment of a station; 4. Analysis of the security; 5. System KASAT; 6. Daily schedule, which is kept at signal posts of a station; 7. Train sheet; 8. System KASAT.

– *Complicated train situation at subdivision due to speciality of station scheme and / or the need to handle trains, which are late;*

– *Failures in devices and equipment of cars, entailing the need for shunting operations to exclude a corresponding car from the train;*

– *Inability to receive a train at coal handling plant (occupancy of all tracks of a coal handling plant by trains);*

– *Failures in the work of shunting locomotive during repositioning a train for various operations (exclusion / addition of cars into a train, washing, charging batteries, repositioning of cars with identified defects to the inspection point) or due to lack / occupancy of locomotives;*

– *Occupancy of a shunting locomotive due to operations on coupling / uncoupling cars, need to move specialized cars from the station (cars- salons, laboratories: track-measuring, crack detection wagons, etc.);*

Keywords: rail transport, passenger station, coach yard, field operation, reliability, failure, spreadsheet analysis.

REFERENCES

1. Gruntov, P. S. Operational reliability of stations [*Ekspluatatsionnaya nadezhnost' stantsiy*]. Moscow, Transport publ., 1986, 247 p.
2. Ostreykovskiy, V. A. Reliability Theory. Textbook for Universities [*Teoriya nadezhnosti: Uchebnik dlya vuzov*]. Moscow, Vysshaya shkola publ., 2003, 463 p.
3. Ryabinin, I. A. Reliability and safety of structurally complex systems [*Nadezhnost' i bezopasnost' strukturno-slozhnykh system*]. St.Petersburg, Politehnika publ., 2000, 248 p.
4. Passenger stations [*Passazhirskie stantsii*]. Ed. by N. V. Pravdin. Moscow, Transport publ., 1973, 272 p.
5. Padnya, V. A. Application of queuing theory in transport [*Primenenie teorii massovogo obsluzhivaniya na transporte*]. Moscow, Transport publ., 1968, 208 p.

– *Timeliness of coal handling works, carried out by particular services, resulting in a increase of a handling time of a passenger train (at a coach yard or a coal handling plant);*

– *Failures in work of a train locomotive;*

– *Discrepancies in the functioning of station technology center;*

– *Faults in functioning of a check station.*

Certain statistical sampling, presumably, will identify factors, which influence reliability of operation of passenger stations and coach yards to the greatest extent.

Conclusions. *The study identified the factors that significantly affect the operational reliability of passenger stations. It has been shown that despite the unconditional fulfillment of requirements on safety of movement of trains and departure of passenger trains on schedule there are still some «narrow» places which should be systematized and studied.*

6. Pravdin, N. V., Vakulenko, S. P., Golovnich, A. K. et al. Designing railway infrastructure (stations, railway and transport junctions). Textbook [*Proektirovanie infrastruktury zheleznodorozhnogo transporta (stantsii, zheleznodorozhnye i transportnye uzly): uchebnik*]. Ed. by Pravdin, N.V. and Vakulenko, S. P. Moscow, FGBOU «Uchebno-metodicheskiy tsentr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte» publ., 2012, 1086 p.

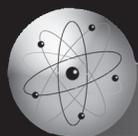
7. Timukhina, E. N. Research methodology for working efficiency of stations at technological failures [*Metodologiya issledovaniya rabotosposobnosti stantsiy pri tehnologicheskikh sboyah*]. Ekaterinburg, Transport Urala, 2011, No. 4, pp.58–62.

Координаты автора (contact information): Кубрак А. А. (Kubrak A. A.) – expert-2015@mail.ru.

Статья поступила в редакцию / article received 07.04.2014

Принята к публикации / article accepted 02.06.2014





Конструкция электровоза с поворотной рамой



Александр ЗОЛКИН
Alexander L.ZOLKIN

Роман ФИСЮРЕНКО
Roman V.FISYURENKO



Золкин Александр Леонидович — кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрическая тяга» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия.

Фисюренко Роман Витальевич — студент УрГУПС, Екатеринбург, Россия.

Авторы рассматривают проблемы сокращения времени в пути и экономии электроэнергии при эксплуатации подвижного состава. Разработанная конструкция позволяет перемещаться электровозу на соседний путь и двигаться в обратном направлении по параллельному пути в пункт формирования. Это экономит время пребывания электровоза на трассе, количество электроэнергии, необходимой для движения до соседней станции и обратно, а также сводит к минимуму длительность перекрытия участка пути для проведения ремонтно-профилактических работ, поскольку после их завершения электровоз перемещается на соседний путь и участок становится открытым для движения.

Ключевые слова: электровоз, поворотная рама, автомотриса, новая конструкция, прочность, перемещение между путями.

Сокращение времени в пути и экономия электроэнергии — лишь часть задач, определяющих интерес к совершенствованию поворотной рамы электровозов. Однако и только их наличие не снижало бы актуальность предлагаемых технических решений, конструкционных инноваций, фигурирующих в журнальной публикации.

ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ

Конструкция электровоза (рис. 1) на базе автомотрисы 1АДМ 1.3 имеет длину 13 м, ширину — 3,25 м, высоту под контактный провод — 5520 см. На крыше установлено два пантографа: один непосредственно над кабиной, другой — на поворотных полостях на перемещающейся платформе, ориентированный перпендикулярно контактному проводу [3].

Поворотная рама (рис. 2) расположена между рамой кузова и над рамными строениями. Выполнение ее предполагается из углеродистой стали. На раме расположены четыре опоры с выдвигаемыми стержнями. Длина каждой 1,5 м, стержни выдвигаются еще на 1 м, что позволяет поднять электровоз над полотном пути

на 35–40 см максимум. Внутри рамы расположены каналы для электрокабелей, трубопровод тормозной магистрали и трубопровод для подачи воздуха на выдвижные опоры.

На самой раме по бокам от центра установлены зубцы, длина их полотна 1 м с каждой стороны рамы. Зубцы выдвигаются из рамы на 2 см и убираются посредством пневматического узла. Воздух закачивается в небольшой цилиндр, и он поднимает полотно с зубцами.

В центре рамы размещен комплект роликов, установленных вокруг оси поворота рамы, их всего 8. Они нужны для лучшего скольжения рамы электровоза и подрамной (механической) части – по поворотной раме. Такой же комплект роликов установлен на нижней плоскости поворотной рамы (под ней). Ролики посажены жестко, без дополнительного хода по каким-либо направлениям. Жесткая посадка увеличит устойчивость при повороте и скольжении по поворотной раме. Кроме того, по всей ее длине расположены пять пластин скольжения с каждой стороны для более мягкого передвижения электровоза. Размеры пластин: 30 см – длина, 15 см – ширина, 5 см – толщина.

Рама поворачивается шкворнем, проходящим через центр электровоза и присоединенным к поворотной раме посредством прямозубого сцепления. При повороте рамы шкворень опускается на нее, сцепляется с ней и поворачивает конструкцию строго на 90°. Он движется с помощью простого редуктора и электродвигателя, соединен цепной передачей с поворотным механизмом ползьями, на которых установлен дополнительный пантограф. После поворота рамы шкворень поднимается обратно, чтобы не препятствовать передвижению электровоза по самой раме. Полотно зубцов приподнимаются над рамой, и зубья входят в цепь, расположенную на корпусе электровоза, над поворотной рамой. Каждая цепь соединена с электродвигателем. После соединения зубьев и цепи включаются двигатели и начинают медленно вращать цепь в нужном направлении. По достижении необходимых расстояний они выключаются.

Включается компрессор и накачивает воздух в баллон напорной магистрали, затем он подается на выдвижные опоры

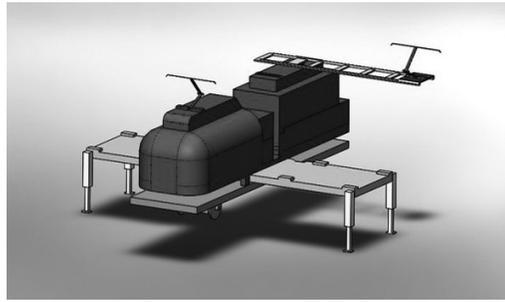


Рис. 1. Общий вид конструкции.

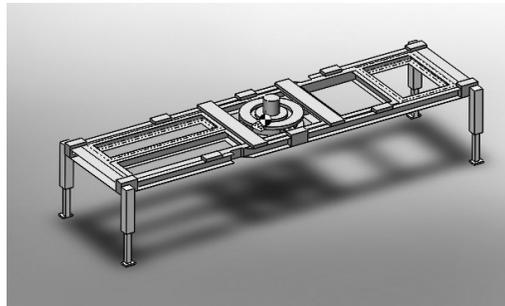


Рис. 2. Поворотная рама.

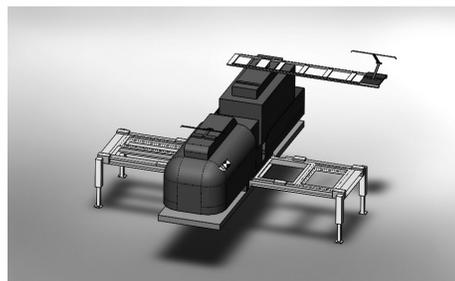


Рис. 3. Рабочее состояние локомотива.

на концах поворотной рамы, опоры опускаются вниз на 90°. В каждой из них есть выдвижной стержень с площадкой, призванной обеспечить большее соприкосновение с землей (рис. 3).

Как только опора опустилась, воздух поступает в цилиндр со стержнем и выдавливает его вниз на необходимое расстояние или до нижней точки хода поршня. При этом электровоз окажется над полотном пути на высоте до 50–60 см.

На следующей стадии включаются двигатели, тянущие цепь, и передвигают уже сам электровоз по поворотной раме до нужного расстояния (соседнего пути).

Для точной постановки электровоза над полотном пути можно использовать датчи-



Рис. 4. Эпюра напряжений на поворотную раму.



ки, либо требуется зрительно определять, когда колеса окажутся точно над рельсами, что менее эффективно. Поэтому лучше пользоваться датчиками.

Опускание электровоза осуществляется следующим образом (рис. 3 – поездное положение).

Воздух постепенно выпускается из подъемных опор, и стержень возвращается в исходное положение. Электровоз плавно опускается на путь и встает на рельсы.

После этого опоры поднимаются в исходное положение и становятся обратно в плоскость поворотной рамы. Опять включается цепная передача, и поворотная рама движется в свое начальное положение, то есть точно на середину электровоза. При достижении центра отключаются двигатели с цепью, полотно с зубцами опускаются в поворотную раму. Шкворень соединяется с ней же посредством электродвигателя, который поворачивает раму, и она встает под надрамные конструкции электровоза. Шкворень поднимается. Электровоз готов к передвижению по соседнему пути.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

При выезде на место происшествия на больших перегонах (10 км и более) электровоз будет незаменим. По окончании работ он перемещается на соседний путь и движется в сторону своего депо (депо формирования).

Преимущества:

- нет необходимости ехать до ближайшей станции и потом обратно по своему пути;

- экономится электроэнергия, так как электровоз не преодолевает расстояние

до ближайшей станции и не едет обратно N км, а перемещается на соседний путь и с этой точки возвращается на станцию формирования;

- в некоторых случаях принимаются решения по возврату электровоза по пути в противоположном направлении, при этом путь остается занятым, пока электровоз не приедет на станцию формирования – новая конструкция позволяет переместиться на соседний путь и ехать по нему обратно на свою станцию, оставляя линии свободными для прохода пассажирских и грузовых составов;

- за счет отмеченных факторов экономится электроэнергия, потребляемая электровозом, сокращается время его оборота от начала движения, устранения неисправности до возврата на станцию формирования;

- особенно электровоз будет полезен на перегонах от 15 до 30 км, поскольку на таких длинных расстояниях расход электроэнергии на полный оборот локомотива между станциями и оборот локомотива от точки неисправности и обратно будет наибольшим.

РАСЧЕТЫ ПОВОРОТНОЙ РАМЫ

Все операции выполнены с помощью программы Solid Works.

Основные характеристики:

Плотность – 7858 кг/куб. м.

Масса – 8800 кг.

Объем – 3,96 куб. м.

Площадь поверхности – 114,54 кв. м.

РАСЧЕТЫ ЗАПАСА ПРОЧНОСТИ

1. Упрощенная схема

Раму представляем как пространственную систему, состоящую из стержней, оси

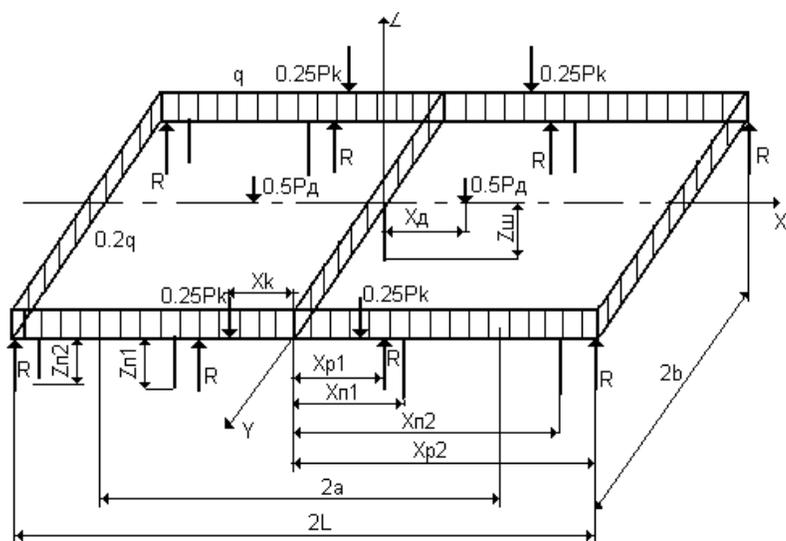


Рис. 6. Расчетная упрощенная схема рамы: x_k – расстояние от шкворневой балки до подвески; x_{p1} , x_{p2} – расстояния от шкворневой балки до опор рамы; x_{n1} , x_{n2} – расстояния от шкворневой балки до пластин скольжения; x_d – расстояние от шкворневой балки до оси центральных пластин скольжения; P_k – вес кузова.

которых проходят через центры тяжести площадей [1,5] (рис. 6).

Рама – пространственная, статически неопределимая система с двумя замкнутыми контурами. Расчет здесь связан с приведением таких систем в статически определимые путём разрезания «лишних» стержней. В местах разрезов должны быть приложены неизвестные три усилия и три момента [2].

Раму рассматриваем как статически определимую систему, если пренебрегаем влиянием концевых балок. Поскольку теперь контуры разомкнуты, то расчет можно вести для четверти рамы. Отброшенную ее часть заменяем заделкой, и именно в ней будет действовать наибольший изгибающий момент, то есть в месте примыкания боковины к шкворневой балке. Это сечение и будет опасным. Его подвергаем проверке на прочность с учетом исходных данных.

Длина рамы задана $2l=13$ м. Ширина рамы задана $2b=3,25$ м. База $2a=7$ м.

Расстояние от оси шкворневой балки рамы до оси подвески тягового двигателя находим как

$$x_d = \frac{2a - 2 \cdot 1,2}{2} = \frac{7 - 2,4}{2} = 2,3 \text{ м.} \quad (1)$$

Расстояние до шарниров рессорных подвесок:

$$x_{p1} = \frac{2a - 1,4}{2} = \frac{7 - 1,4}{2} = 2,8 \text{ м.} \quad (2)$$

$$x_{p2} = \frac{2a + 1,4}{2} = \frac{7 + 1,4}{2} = 4,2 \text{ м.} \quad (3)$$

Расстояние до оси шарниров поводков букс:

$$x_{n1} = \frac{2a - 0,95}{2} = \frac{7 - 0,95}{2} = 3,025 \text{ м.} \quad (4)$$

$$x_{n2} = \frac{2a + 0,95}{2} = \frac{3,0 + 0,95}{2} = 3,975 \text{ м.} \quad (5)$$

Расстояние от расчетной плоскости рамы до подрамной конструкции:

$$z_{p1} = 0,4 \text{ м; } z_{p2} = 0,4 \text{ м.}$$

Расстояние до центра сферического шарнира шкворня:

$$z_{ш} = 0,4 \text{ м.}$$

2. Весовая нагрузка

Вес рамы:

$$P = mg = 31113,17 \cdot 9,81 = 305220,198 \text{ Н} = 305,220 \text{ кН} \quad (6)$$

Вес надрамной части, действующий на раму:

$$P_1 = m_1 g = 18000 \cdot 9,81 = 176580 \text{ Н} = 176,58 \text{ кН.} \quad (7)$$

Величину реакций определяем в кН из условия:

$$R = \frac{P - P_1}{4}, \text{ кН,} \quad (8)$$

$$R = 32,16 \text{ кН.}$$

q – интенсивность равномерно распределенной нагрузки от веса боковины и шкворневой балки рамы определяется по выражению:





$$q = 2,2 + 120 \cdot \sum F_i =$$

$$= 2,2 + 120 \cdot 0,0516670 =$$

$$= 8,4 \text{ кН/м.} \quad (9)$$

3. Напряжение в опасном сечении от весовой нагрузки

Расчетная схема приводится к плоскому изгибу балки, жестко заделанной одним концом $X_k = 0,874 \text{ м}$.

$$M_y = R \cdot (X_{p1} + X_{p2}) - 0,5 \cdot l^2 \cdot q -$$

$$- 0,2 \cdot q \cdot b \cdot l - 0,25 \cdot P_k \cdot X_k =$$

$$= 32,16 \cdot (2,8 + 2,4) - 0,5 \cdot 3,5^2 \cdot 8,4 -$$

$$- 0,2 \cdot 8,4 \cdot 1,167 \cdot 3,5 - 0,25 \cdot 176,8 \cdot 0,874 =$$

$$= 65,59 \text{ кН/м.}$$

РАСЧЕТНЫЙ ИЗГИБАЮЩИЙ МОМЕНТ

Напряжения от весовой нагрузки боковины рамы:

$$G_{vi} = \frac{M_y}{W_{y1}} = \frac{123,48}{-0,021} \cdot 0,001 = -58,8 \text{ МПа,} \quad (11)$$

поскольку $1 \text{ Н/мм}^2 = 1 \text{ МПа}$.

Величина моментов в некоторых точках расчетной схемы:

$$M_{y1} = 0;$$

$$M_{y2} = M_{y3} = -0,2 \cdot q \cdot b \cdot (1 - X_{p2}) -$$

$$- 0,5 \cdot q \cdot (1 - X_{p2})^2 = -0,34003;$$

$$M_{y4} = M_{y5} = R \cdot (X_{p2} - X_{p1}) -$$

$$- 0,2 \cdot q \cdot b \cdot (1 - X_{p1}) - 0,5 \cdot q \cdot (1 - X_{p1})^2 =$$

$$= 11,0208;$$

$$M_{y6} = M_{y7} = -0,2 \cdot q \cdot b \cdot (1 - X_k) + \quad (12)$$

$$+ R \cdot (X_{p1} - X_k) + R \cdot (X_{p2} - X_k) = 18,54;$$

$$M_{y8} = M_y = 65,59$$

НАИБОЛЕЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ СОЧЕТАНИЯ НАГРУЗОК

Возьмем одновременное действие различных нагрузок в их возможном сочетании и произведем алгебраическое суммирование напряжений для 6-й точки сечения. По величине максимального результирующего напряжения определяется запас прочности и делается заключение о пригодности рамы тележки к эксплуатации. Рама считается пригодной, если коэффициент запаса про-

чности не менее чем 1,28 и не более 2. Применительно к текучести металла:

$$1,28 < n_m < 2;$$

$$\sigma_{\max}^{pez} = 131,47 \text{ МПа;}$$

$$n_m = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\max}^{pez}} = \frac{700}{131,47} = 5,32, \quad (13)$$

где $\sigma_{\max} = 700 \text{ МПа}$ – предел текучести стали 1,4028 (X30Cr13).

Рама имеет завышенный запас прочности (5,32 вместо необходимых 2), увеличенный вес. Уменьшение параметров сечения боковины может привести к облегчению рамы и потере запаса усталостной прочности. В такой ситуации подойдет металл с минимальной текучестью от 162,5 до 450. Это обеспечит необходимые пределы коэффициента прочности и уменьшит стоимость и вес всей конструкции.

ВЫВОДЫ

1. Анализ результатов расчета показывает, что при заданных нагрузках эквивалентные напряжения, возникающие в элементах конструкции рамы, не превосходят предела текучести применяемых материалов, то есть необходимая прочность обеспечивается.

2. Максимальные прогибы конструкции рамы, возникающие от внешних нагрузок, не превосходят допустимый предел – необходимая жесткость каркаса обеспечивается.

3. Уровень напряжений в значительной части конструкции рамы весьма низок. Это означает, что она сохраняет определенные резервы прочности и имеет предпосылки к уменьшению металлоемкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Механическая часть тягового подвижного состава: Учебник / И. В. Бирюков, А. Н. Савоськин, Г. П. Бурчак и др. Под ред. И. В. Бирюкова. – М.: Транспорт, 1992. – 440 с.
2. Медель В. Б. Подвижной состав электрических железных дорог. Конструкция и динамика. – М.: Транспорт, 1974. – 232 с.
3. Rickard Persson. Tilting trains technology, benefits and motion sickness. By Rickard Persson //Royal Institute of Technology (KTH) Aeronautical and Vehicle Engineering Rail Vehicles. – Stockholm, 2008.
4. Цихалевский И. С. Развитие и автоматизация устройств для экипажировки электровозов //Сб. науч. трудов. – Вып. 68. – Екатеринбург: УрГУПС, 2008. – С. 99–105.
5. Нафиков Г. М., Цихалевский И. С. Механическая часть электроподвижного состава (методическое руководство). – Екатеринбург: УрГУПС, 2005. – 36 с. ●

DESIGN OF AN ELECTRIC LOCOMOTIVE WITH A ROTATING FRAME

Zolkin, Alexander L. – Ph.D. (Tech), associate professor of the department of electric traction of Ural State University of Railway Engineering (USURT), Yekaterinburg, Russia.

Fisyurenko, Roman V. – student at Ural State University of Railway Engineering (USURT), Yekaterinburg, Russia.

ABSTRACT

The authors consider problems of reducing travel time and energy saving in the operation of rolling stock. The developed design makes it possible for an electric locomotive to move to an adjacent track and to move in the opposite direction on a parallel track to the point of formation. This saves time of locomotive stay on the track, the amount of electricity needed to go to a nearby station and back, and also minimizes the duration of overlapping of the section of the track for maintenance work, because after the completion of works an electric locomotive moves to the adjacent track and the section becomes open for traffic.

ENGLISH SUMMARY

Background. In this paper the authors consider the problem of reducing travel time and energy saving. Currently some electric locomotives are used to repair catenary; after delivery of workers, equipment and troubleshooting process they are sent either to a nearby station and then return, or move on the wrong track to a formation station, thereby occupying a track and delaying trains. Because of this schedule shifts, and there are delays in passenger trains, and increased travel time for freight trains. Due to the developed design delays will be minimized, because the track will be released immediately after completion of works.

Reduction in travel time and energy savings are, of course, only parts of the tasks of defining interest in improving rotating frame of electromotives. However, only their presence would not reduce the relevance of the proposed technical solutions, structural innovation, appearing in the current journal publication.

Objective. The objective of the authors is development of an electromotive design with rotating frame, making it possible for an electromotive to move to an adjacent track and to move in the opposite direction on the right track to the point of formation.

To achieve this goal, the following tasks are set and solved in the work:

1) patent and literature search, the development of a new design of an electric locomotive with rotating frame;

2) durability calculation of electromotive rotating frame model in the program Solid Works;

3) loading evaluation of a rotary element of a frame by considering it as a spatial system consisting of rods, the axes of which pass through the centers of gravity of areas;

4) evaluation of the safety margin in the dangerous section of the frame under the most unfavorable combinations of loads.

Methods. To solve the set tasks, the authors used the method of mathematical modeling of mechanical systems. Geometric model of a rotating frame design was simulated in the package Solid Works. For the calculations the authors used a package of SolidWorks Simulation.

Results.

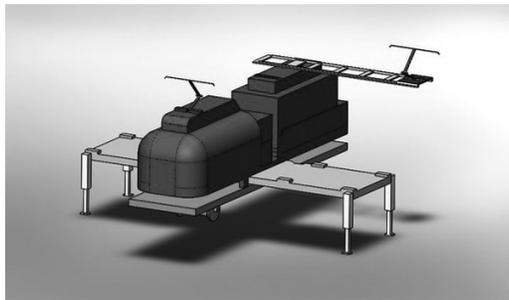
Description of a design

Electromotive design (Pic. 1) was developed on the basis of a railcar 1ADM 1.3, it has a length of 13 m, width – 3,25 m, height under the contact wire – 5520 cm. On a rooftop two pantographs are mounted: one directly above the cab, the other – on rotary skids on a moving platform, oriented perpendicularly to the contact wire [3].

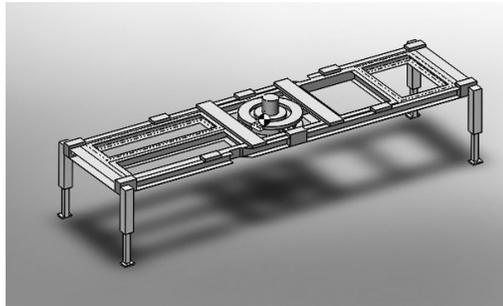
Rotating frame (Pic. 2) is located between body frame and above framed constructions. It is proposed to make it of carbon steel. On the frame there are four pillars with sliding rods. The length of each is 1,5 m, rods slide by 1 m, which allows lifting up an electromotive above the track bed to 35–40 cm maximum. Inside the frame there are channels for electrical cables, pipeline of a braking main line and pipeline for air delivery on sliding bearing supports.

On the frame along the sides of the center tooth group is installed, the length of their bed is 1 m from each side of the frame. Teeth move out of the frame for 2 cm and are moved away by a pneumatic assembly. Air is pumped into a small cylinder, and it lifts up the bed with a tooth group.

In the center of the frame there is a set of rollers mounted around a rotative axis of the frame, there are only 8 of them. They are required for better sliding of electromotive frame and underframe (mechanical) part on the rotating frame. The same set of rollers is mounted on the underside of the rotating frame (underneath). Rollers are mounted fixedly, without further movement on some directions. Fixed mounting increases stability when turning and sliding on the rotating frame. Moreover, along its entire length, there are five sliding plates at each side for softer movement

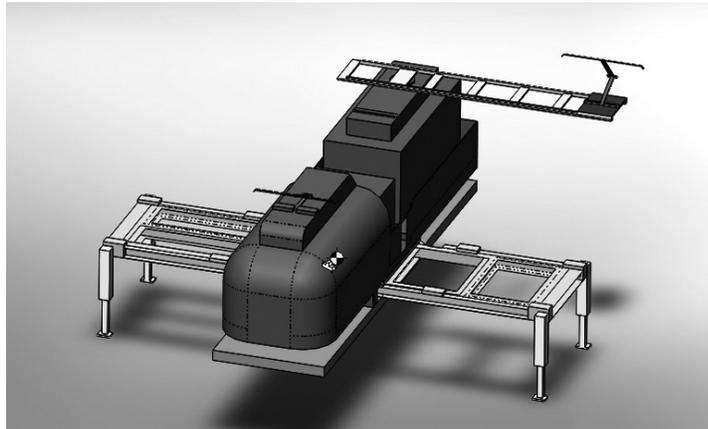


Pic. 1. General view of a design.

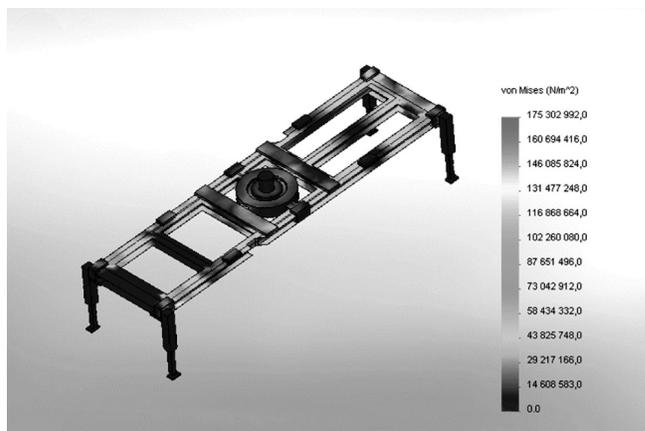


Pic. 2. Rotating frame.





Pic. 3. Operating status of the locomotive.



Pic. 4. Stress diagram on the rotating frame.

of an electromotive along the frame. Sizes of plates: 30 cm – length, 15 – cm width, 5 cm – thickness.

The frame is turned by a center pin, passing through the center of the electromotive and attached to the rotating frame by spur gearing. When the frame rotates, a center pin falls on it; it gears to it and turns the entire structure strictly through 90°. The center pin moves with the help of a simple gearbox and electromotor, it is connected by chain gear to the rotary mechanism by skids, which have an additional pantograph. After turning of the frame, the center pin moves up back in order not to impede the movement of the electromotive on the frame. Beds of the teeth, rising above the frame, enter the chains on the electromotive body, the motors turn on and begin to slowly rotate the chains in the right direction. Upon reaching the required distances they turn off.

Then the compressor turns on and pumps air into the cylinder of a pressure line, and then it is delivered on the sliding bearing supports on the ends of the rotating frame, the bearing supports move down by 90°. In each of them there is a sliding rod with a platform designed to provide greater contact with the ground (Pic. 3).

Once the bearing support has moved down, the air enters the cylinder with the rod and pushes it down to the necessary distance, or to the bottom of the piston distance. In this case the electromotive will be above the track bed at a height of up to 50–60 cm

In the next step the motor turns on, thus pulling the chain, and moves the electromotive on the rotating frame to the desired distance (adjacent track).

For a precise mounting of the electromotive above the track bed, sensors can be used, or it is necessary to determine visually when the wheels are just above the rails, but it is less efficient. Therefore it is better to use sensors.

Moving down of the electromotive is carried out as follows (Pic. 3 – service position).

The air is discharged gradually out of the lifting bearing supports, and the rod returns to its original position. The electromotive moves down smoothly on the track and stands up on the rails.

After that bearing supports are raised to their original position and get back into the plane of the rotating frame. Chain gear turns on again and the rotating frame moves to its initial position that is exactly in the middle of the electromotive. Upon reaching the center motors with the chain turn off, beds with the tooth group move down in the rotating frame. The center pin connects to it by the electric motor, which turns the frame, and it stands up under the underframe constructions of the electromotive. The center pin rises. The electromotive is ready for movement on a nearby track.

Application field

When checking out the scene at large hauls (10 km or more) the electromotive will be irreplaceable.

Upon completion of work, it moves to the adjacent track and then moves toward its depot (depot of formation).

Advantages:

– There is no need to go to the nearest station and then back on its track;

– Energy is saved as the electromotive does not overcome the distance to the nearest station and does not go back N km, and moves to the adjacent track and from this point returns to the station of formation;

– In some cases, decisions are made to return an electromotive on the track in the opposite direction, in this case the track remains occupied until the electromotive arrives at the station of formation – the new design allows moving to the adjacent track and moving on it back to the station, leaving lines for free passage of passenger and freight trains;

– Thanks to the mentioned factors energy is saved, the time of its turnaround from the starting point is reduced, troubleshooting becomes possible without returning to the station of formation;

– The electromotive will be especially useful at hauls from 15 to 30 km, since at such long distances power consumption for a complete turnaround of the locomotive between stations and turnaround of the locomotive from fault point and back will be the greatest.

Calculations of the rotating frame

All operations were carried out using Solid Works.

Key features:

Density – 7858 kg / cu. m.

Weight – 8800 kg.

Volume – 3.96 cu. m.

Surface area – 114,54 sq.m.

Calculation of the safety margin

1. Simplified scheme

The frame is presented as a spatial system consisting of rods whose axes pass through the centers of gravity of areas [1,5] (Pic. 6).

The frame is a spatial statically indeterminate system with two closed contours. The calculation is associated with bringing such systems to statically determinable systems by cutting «unnecessary» rods. In cut places three unknown forces and three moments must be applied [2].

The frame is considered as a statically determinate system, if we neglect the influence of the end beams. Since the contours are open, the calculation can be carried out for a quarter of the frame. The dropped part is replaced by the rigid support, and maximum bending moment will act in it, that is in joint place of side to center pin bolster. This cross section will be dangerous. It is thoroughly tested for strength with account of feed data.

Frame length is set as $2l=13$ m. Frame width is set as $2b=3,25$ m. The base is $2a=7$ m.

Distance from the axis of the frame center pin bolster to the suspension axis of the traction motor is found as

$$x_{\pi} = \frac{2a - 2 \cdot 1,2}{2} = \frac{7 - 2,4}{2} = 2,3 \text{ m.} \quad (1)$$

Distance to hinges of spring riggings:

$$x_{p1} = \frac{2a - 1,4}{2} = \frac{7 - 1,4}{2} = 2,8 \text{ m;} \quad (2)$$

$$x_{p2} = \frac{2a + 1,4}{2} = \frac{7 + 1,4}{2} = 4,2 \text{ m.} \quad (3)$$

Distance to the hinge axis of locking dogs of axle-bearing:

$$x_{n1} = \frac{2a - 0,95}{2} = \frac{7 - 0,95}{2} = 3,025 \text{ m.} \quad (4)$$

$$x_{n2} = \frac{2a + 0,95}{2} = \frac{3,0 + 0,95}{2} = 3,975 \text{ m.} \quad (5)$$

Distance from calculated plane of the frame to the underframe structure:

$z_{\Gamma 1} = 0,4$ m;

$z_{\Gamma 2} = 0,4$ m.

Distance to the center of the spherical hinge of the center pin:

$z_{LL} = 0,4$ m.

2. Weight load

Frame weight:

$$P = mg = 31113,17 \cdot 9,81 = 305220,198 \text{ N} = 305,220 \text{ kN} \quad (6)$$

Weight of overframe part, acting on the frame:

$$P_1 = m_1 g = 18000 \cdot 9,81 = 176580 \text{ N} = 176,58 \text{ kN.} \quad (7)$$

The magnitude of the reaction is determined in kN from the condition:

$$R = \frac{P - P_1}{4}, \text{ kN,} \quad (8)$$

$$R = 32,16 \text{ kN}$$

q is an intensity of uniformly distributed load from weight of side and center pin bolster is determined by the expression:

$$q = 2,2 + 120 \cdot \sum F_i = 2,2 + 120 \cdot 0,0516670 = 8,4 \text{ kN/m.} \quad (9)$$

3. Stress in the dangerous section from weight load

Computational scheme is reduced to the simple bending of a bolster, fully-fixed by one end $X_k = 0,874$ m.

$$\begin{aligned} M_y &= R \cdot (X_{p1} + X_{p2}) - 0,5 \cdot l^2 \cdot q - \\ &- 0,2 \cdot q \cdot b \cdot l - 0,25 \cdot P_k \cdot X_k = \\ &= 32,16 \cdot (2,8 + 2,4) - 0,5 \cdot 3,5^2 \cdot 8,4 - \\ &- 0,2 \cdot 8,4 \cdot 1,167 \cdot 3,5 - 0,25 \cdot 176,8 \cdot 0,874 = \\ &= 65,59 \text{ kN/m.} \end{aligned} \quad (10)$$

Computed bending moment

Voltage from the weight load from side of the frame:

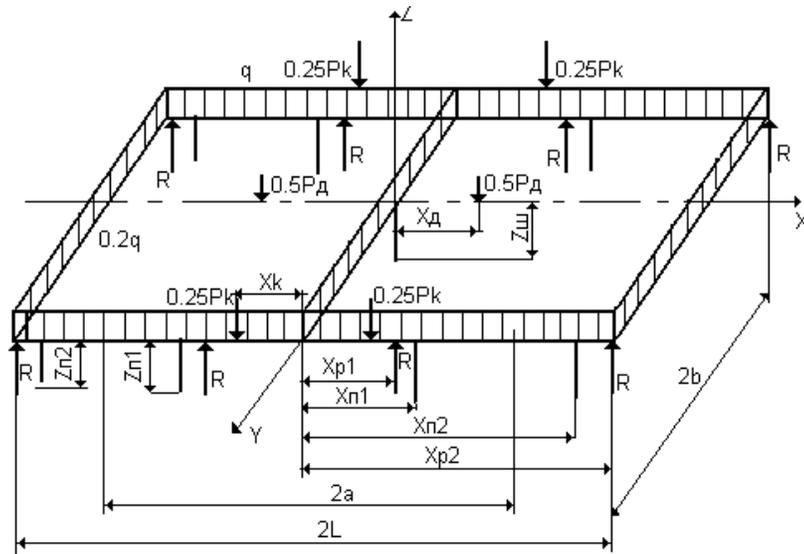
$$G_{bi} = \frac{M_y}{W_{y1}} = \frac{123,48}{-0,021} \cdot 0,001 = -58,8 \text{ MPa,} \quad (11)$$

since $1 \text{ H/mm}^2 = 1 \text{ MPa}$.

Value of the moments in some points of the computational scheme:

$$\begin{aligned} M_{y1} &= 0; \\ M_{y2} &= M_{y3} = -0,2 \cdot q \cdot b \cdot (l - X_{p2}) - \\ &- 0,5 \cdot q \cdot (l - X_{p2})^2 = -0,34003 \text{ kNm}; \\ M_{y4} &= M_{y5} = R \cdot (X_{p2} - X_{p1}) - 0,2 \cdot q \cdot b \cdot (l - X_{p1}) - \\ &- 0,5 \cdot q \cdot (l - X_{p1})^2 = 11,0208 \text{ kNm}; \\ M_{y6} &= M_{y7} = -0,2 \cdot q \cdot b \cdot (l - X_k) + \\ &+ R \cdot (X_{p1} - X_k) + R \cdot (X_{p2} - X_k) = 18,54 \text{ kNm}; \\ M_{y8} &= M_y = 65,59 \text{ kNm.} \end{aligned} \quad (12)$$





Pic. 6. Simplified computational scheme of the frame: xk – distance from center pin bolster to suspension; $xP1$, $xP2$ – distance from center pin bolster to bearing supports of the frame; $xП1$, $xП2$ – distances from center pin bolster to sliding plates; $xд$ – distance from center pin bolster to axis of the central sliding plates; PK – weight of the body.

The most unfavorable load combinations

We take the simultaneous action of various loads in their possible combination and produce algebraic summation of voltages for the 6th point of the section. Safety margin is determined by the maximum magnitude and it is concluded that the bogie frame is suitable for use. The frame is considered to be suitable if a margin safety coefficient is not less than 1,28 and not more than 2. As for the metal flow:

$1,28 < n_m < 2$;

$$\sigma_{\max}^{pez} = 131,47 \text{ MPa};$$

$$n_m = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\max}^{pez}} = \frac{700}{131,47} = 5,32, \quad (13)$$

where $\sigma_{\max} = 700 \text{ MPa}$ and steel flow point is 1,4028 (for steel of quality X30Cr13).

The frame has overrated margin safety (5,32 instead of required 2), increased weight.

Reduction of side cross-section parameters may lead to weight-saving of the frame and loss of endurance strength margin. In this situation metal with a minimum flow from 162,5 to 450 will be suitable. It will provide necessary strength factor margin and reduce cost and weight of the entire structure.

Conclusions. 1. Analysis of calculation results shows that under a given load equivalent stresses in the structural elements of the frame do not exceed the yield strength of the used materials, that is, the necessary strength is provided.

2. Maximum deflections of the frame structure, arising from the external loads, do not exceed the allowable margin – the necessary rigidity of the frame is provided.

3. Stress level in the significant part of the frame structure is very low. This means that it will retain certain safety margin and has the prerequisites to a reduction of metal intensity.

Keywords: electromotive, rotating frame, railcar, new design, durability, movement between tracks.

REFERENCES

1. Biryukov, I. V., Savoskin, A. N., Burchak, G. P. et al. The mechanical part of traction rolling stock. Textbook [*Mehanicheskaya chast' tyagovogo podvizhnogo sostava. Uchebnik*]. Ed. by I. V. Biryukov. Moscow, Transport publ., 1992, 440 p.
2. Medel, V. B. Electric railways rolling stock. Design and dynamics [*Podvizhnoy sostav elektricheskikh zheleznih dorog. Konstruktsiya i dinamika*]. Moscow, Transport publ., 1974, 232 p.
3. Persson, Rickard. Tilting trains technology, benefits and motion sickness. By Rickard Persson. Royal Institute

of Technology (KTH). Aeronautical and Vehicle Engineering Rail Vehicles. Stockholm, 2008.

4. Tsikhalevskiy, I. S. Development and automation of devices for equipment of electromotives [*Razvitie i avtomatizatsiya ustroystv dlya ekipirovki elektrovozov*]. Collection of scientific works, Vol. 68. Ekaterinburg, UrGUPS publ., 2008, pp. 99–105.

5. Nafikov, G.M., Tsikhalevskiy, I. S. Mechanical part of electric rolling stock (guidance) [*Mehanicheskaya chast' elektropodvizhnogo sostava (metodicheskoe rukovodstvo)*]. Ekaterinburg, UrGUPS publ., 2005, 36 p.

Координаты авторов (contact information): Золкин А. Л. (Zolkin, A.L.) – alzolkin@list.ru, Фисюрненко Р. В. (Fisyurenko, R. V.) – fisurenkoroman@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию / article received 23.04.2014
Принята к публикации / article accepted 25.06.2014

TV

КИТАЙСКИЕ СКОРОСТИ 76

Драйверы социально-экономического роста.



ЭТАПЫ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ 88

В Казахстане свои сценарии транспортного взаимодействия. И свои области эффективных альтернатив.

КРАУДФАНДИНГ 98

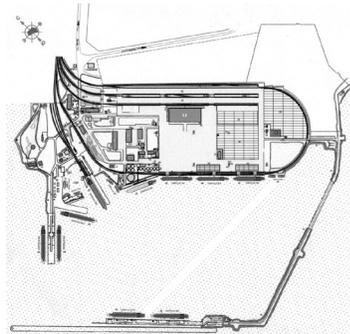
У бекера инвестиционный зуд?

CHINESE SPEED 76

Drivers of social and economic growth.

STAGES OF MULTIMODE DEVELOPMENT 88

Kazakhstan has own scenarios of transport interaction and own areas of efficient alternative solutions.



CROWDFUNDING 98

Is backer striving for investing?

ЭКОНОМИКА • ECONOMICS





Приоритеты китайских скоростей



Ирина КАРАПЕТЯНЦ
Irina V. KARAPETYANTS

Сергей САЗОНОВ
Sergey L. SAZONOV



Карпетянц Ирина Владимировна — доктор исторических наук, профессор, директор института международных транспортных коммуникаций, проректор по международным образовательным программам Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

Сазонов Сергей Леонидович — кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник Института Дальнего Востока Федерального агентства научных организаций (ФАНО), Москва, Россия.

Динамичный и планомерный экономический и научно-технический рост народного хозяйства Китая в начале XXI века во многом предопределили масштабные инвестиции в развитие транспортной инфраструктуры и прежде всего в строительство высокоскоростных железнодорожных магистралей (ВСМ). Все выше становится мобильность населения, сокращается время нахождения грузов и пассажиров в пути, рекордными являются скорости перемещения, доступность приобретают некогда оторванные от центра районы страны. Авторы анализируют и обобщают сегодняшние тенденции транспортного рынка, оценивают сложившиеся конкурентные преимущества ВСМ, финансовые проблемы действующих программ и тот реформаторский курс, который руководство КНР осуществляет для модернизации железнодорожного комплекса.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, Китай, реформа, высокоскоростные поезда, ВСМ, инвестиции, экономика, конкуренция.

Китайское руководство рассматривает железнодорожный комплекс в качестве ключевой жизнеобеспечивающей системы экономики. Динамичный хозяйственный рост КНР в начале XXI века в значительной мере был подготовлен масштабными инвестициями в развитие железнодорожной инфраструктуры, что способствовало укреплению целостности страны, ее международного влияния. Новые скоростные пути «сжимают» обширное пространство Китая, превращая дорожную сеть в надежную, эффективную и доступную для населения. Строительство железнодорожного комплекса превратилось в новую стратегическую отрасль промышленности, что стимулирует рост в смежных высокотехнологичных областях экономики.

ВСЕ ДОСТУПНЕЕ И БЫСТРЕЕ

В период 2000–2013 годов было построено более 17 тыс. км новых железных дорог, и в начале 2014 года их протяженность превысила 100 тыс. км, включая 10463 км скоростных. В стране сформировался каркас железнодорожной сети из шести меридиональных и пяти широтных магистралей.

Таблица 1

Время поездки на ВСМ от Пекина до крупнейших городов Китая

Пекин						
1 час	2 часа	3 часа	4 часа	5 часов	8 часов	9 часов
Тяньцзинь	Чжэнчжоу	Наньцзин	Ханчжоу	Шанхай	Гуанчжоу	Сянган (2015 г.)
Шицзячжуан	Цзинань	Хэфэй	Ухань	Харбин		
	Шэньян	Чанчунь	Сиань			
	Тайюань	Далянь				

Согласно «Плану развития урбанизации в КНР в период 2014–2020 гг.», общая протяженность высокоскоростных магистралей (ВСМ) в КНР к 2020 году превысит 20 тыс. км, а суммарная длина линий поездов со скоростью не менее 160 км/ч составит 40 тыс. км. Обычные железные дороги соединят города с населением, превышающим 200 тыс. человек, а ВСМ, состоящие из четырех линий в направлении «север-восток» и четырех маршрутов в направлении «восток-запад», охватят почти все города Китая с числом жителей 500 тыс. и более, обеспечат доступ к скоростному железнодорожному сообщению не менее 90% населения страны. Строительство новых магистралей обойдется в 1 трлн юаней.

Растущая сеть ВСМ позволит людям добираться от Пекина до подавляющего большинства административных центров провинций страны за время, не превышающее 8 часов (таблица 1), за исключением лишь Хайкоу, Наньнина, Куньмина, Урумчи и Лхасы, а время в пути между крупнейшими городами должно сократиться в 2 раза. В результате ускорится пассажирское сообщение, увеличится провозная способность дорог и будет решена проблема чрезмерной нагрузки на крупнейшие железнодорожные узлы в периоды массовых поездок жителей Китая. В январе 2014 года объемы перевозок пассажиров по сравнению с предыдущим годом выросли на 7,9% и составили 257 млн поездок, а количество использованных составов возросло на 157 пар – до 2667 единиц. Ежедневно в стране курсировало 5 тыс. поездов, перевоза около 6,8 млн пассажиров в сутки.

Строительство высокоскоростных магистралей значительно повысило мобильность населения КНР – к началу 2014 года на долю ВСМ приходилось около 25% всех пассажирских перевозок железнодорожным транспортом. Ежегодный прирост объема пассажирских перевозок на линии Пекин–Тяньцзинь со дня ее открытия сохранялся

на уровне 20%, Пекин–Шанхай – 40%, и это с учетом того, что интервалы между отправлениями скоростных составов в обоих направлениях составляют 4–5 мин. За один лишь 2013 год услугами самой протяженной в мире ВСМ Пекин–Гуанчжоу воспользовались около 100 млн пассажиров. Кроме того, магистраль сделала более доступными туристические объекты – после открытия по ней движения число туристов, которые посетили города Ухань, Чанша, Чжэнчжоу, Шицзячжуан и Пекин, увеличилось на 20%.

КОМПРОМИССЫ КОНКУРЕНТОВ

По мере расширения сети ВСМ скоростные поезда стали конкурировать с традиционными региональными авиакомпаниями – они нарушили господство авиационного транспорта на рынке пассажирских перевозок на расстояние свыше 1 тыс. км. Согласно оценкам специалистов Университета гражданской авиации КНР, введение в эксплуатацию ВСМ снижает количество авиапассажиров на данном внутреннем направлении на 30%.

После открытия движения на линии Чжэнчжоу–Сиань время поездки между двумя городами сократилось с 6 до менее 2 часов, а региональным авиакомпаниям пришлось отменить почти все авиарейсы внутри провинции Хубэй. А с открытием в 2012 году ВСМ Пекин–Ухань некоторые региональные авиаперевозчики снизили стоимость билетов на перелет по этому маршруту с 1 тыс. юаней (\$160) до 200 юаней (\$32). В 2013 году вступила в строй высокоскоростная трасса Шэньчжэнь–Пекин, которая сокращает время поездки между двумя городами до 8 часов вместо прежних 29 (в дальнейшем будет продолжена до Сянгана).

Билет на ВСМ в зависимости от класса стоит от 2727 до 540 юаней (на обычный поезд – от 257 до 720 юаней)¹. Билет на 3-ча-





совой авиационный перелет Шэньчжэнь—Пекин аэробусом A380 авиакомпании China Southern Airlines обходится в 1750 юаней. В итоге в 2013 году ведущие китайские компании объявили о снижении пассажирских тарифов: China Southern Airlines сделала скидки до 73%, а Air China снизила цены на 57% на перелет по маршруту Пекин—Ухань. Генеральный директор China Eastern Airlines Лю Шаоюн полагает, «что в недалеком будущем сеть ВСМ Китая будет охватывать практически все районы страны, что окажет прямое и длительное давление на 60% рынка гражданской авиации КНР» [1].

Острая конкурентная борьба между двумя видами транспорта КНР вынудила их руководство приступить к разработке путей сотрудничества и выработке компромиссов в борьбе за привлечение пассажиров. В 2013 году авиакомпания Air China заключила партнерское соглашение с Шанхайским управлением дорог Китайской железнодорожной корпорации (КЖК), согласно которому пассажиры при заказе авиационного билета в любом из двух шанхайских аэропортов одновременно могут приобрести билеты на ВСМ, совершающие поездки между Шанхаем и четырьмя ближайшими городами — Сучжоу, Ханчжоу, Чанчжоу и Уси. Кроме того, Air China разрабатывает возможность стыковки своих международных авиарейсов с расписанием высокоскоростных поездов.

Другие китайские авиационные компании прибегают к более радикальным мерам: China Eastern Airlines с 2013 года заказывает и оплачивает билеты на ВСМ тем пассажирам авиакомпании, которые пользуются ее услугами и совершают перелеты в соседние с Шанхаем или Уханем города, и увеличила количество поездок по схеме «авиа—ВСМ» между двумя аэропортами Шанхая (Hongqiao и Pudong) и четырьмя крупными городами — Сучжоу, Уси, Чанчжоу и Нинбо. Авиакомпания Hainan Airlines с 2013 года скорректировала расписание своих полетов с графиком движения высокоскоростных поездов в провинции Хайнань.

В современных условиях в товарообмене возрастает доля торговли дорогостоящим грузом с коротким циклом обраще-

ния. Многие годы в Китае при транспортировке грузов службы срочной доставки на 95% были задействованы авиационный и автомобильный виды транспорта, а на долю железных дорог приходилось лишь 5%. С быстрым развитием сети ВСМ ситуация кардинально изменилась — ведущий оператор железных дорог China Railway Group в 2013 году подписал соглашения о сотрудничестве с основными китайскими и зарубежными компаниями по экспресс-доставке: SF Express, China Post, UPS, Pony Express, DHL, TNT Express. Проведенные тогда расчеты себестоимости перевозки срочных грузов по ВСМ Гуанчжоу (Гуандун) — Чанша (Хунань) доказали, что стоимость их доставки на расстояние от 500 до 1 тыс. км по сравнению с авиaperевозками может быть снижена на 40–50% [2].

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

Сегодня китайские госкорпорации самостоятельно разрабатывают новые, более скоростные составы для ВСМ. 3 декабря 2010 года в ходе экспериментального испытания модели CRH-380A, проводившегося на участке Пекин—Шанхай от Цзаочжуана (Шаньдун) до Бэнбу (Аньхой), максимальная скорость экспресса достигла 486,1 км/ч — это новый мировой рекорд скорости движения поездов. Предыдущий (416,6 км/ч) был зарегистрирован 28 сентября того же года в ходе пробной эксплуатации на ВСМ Шанхай—Ханчжоу. В июле 2012 года руководство корпорации CSR объявило об успешном испытании поезда, способного развивать скорость в 500 км/ч, а уже в январе 2013 года новый экспериментальный поезд установил впечатляющий рекорд — 600 км/ч [3].

Специалисты министерства железных дорог (МЖД) уделяют повышенное внимание совершенствованию и внедрению составных частей и элементов ВСМ. При эксплуатации высокоскоростных поездов, как известно, возрастают динамическая нагрузка на рельсовое полотно, тормозной путь, центробежная сила на поворотах и аэродинамическое сопротивление. Для решения этих проблем китайские конструкторы увеличили осевое расстояние между рельсовыми путями, сделали более

высоким радиус закруглений и выравниваний по горизонтали и вертикали, более высокий кант рельса. Плюс к тому применяются особые рельсы, эластичный крепеж и большее поперечное сечение туннелей.

При проведении тестовых испытаний экспресса CRH380A на скорости 400 км/ч такие показатели, как коэффициент возможного схода с рельсов, степень уменьшения давления колеса оси и максимальное боковое давление на колеса, составляли соответственно: 0,13; 0,6 и 16 [4]. Эти показатели являются основными при определении степени безопасности движения скоростного поезда и, чем они меньше, тем больше безопасность. Международные стандарты предполагают цифры 0,8; 0,8 и 48 [5].

Уровень шума в вагоне CRH380A во время движения со скоростью выше 300 км/ч всего 61 дБ, тогда как в салоне самолета Boeing при взлете он равен 81 дБ, а в автомобиле на скорости в 120 км/ч обычно близок к 76 дБ. Что касается технической надежности, то 146 скоростных поездов CRH380A производства компании CSR Sifang, составлявших в 2013 году 50% парка подвижного состава ВСМ, в процессе эксплуатации на десяти разных магистралях установили рекорд безопасного пробега в 160 млн км.

В области железнодорожного строительства китайские специалисты собственными силами создали ряд новых подлинно инновационных разработок. Участок Голмуд–Лхаса стал самым высокогорным в мире – перегон протяженностью 960 км проложен на высоте более 4 км над уровнем моря. ВСМ нередко пересекают водоемы глубиной более 100 м и проходят через мосты-тоннели на высоте более 80 м. Железнодорожный мост Тяньсинчжоу через р. Янцзы на трассе Пекин–Гуанчжоу вблизи г. Ухань имеет самый протяженный пролет в мире – 504 м, а подземный тоннель, оснащенный шестью железнодорожными линиями для высокоскоростных поездов в г. Шицзячжуан (Хэбэй), имеет протяженность 4,98 км. В 2014 году пробит самый высокогорный в мире 9490-метровый тоннель для строящейся магистрали Ланьчжоу–Урумчи на высоте 4345 м. В нынешнем же году началось строительство моста «Хутун» длиной 11 км через реку Янцзы, который свяжет Шанхай с Наньтуном

(Цзянсу) и станет самым протяженным железнодорожным вантовым мостом в мире. По нему будут проложены четыре железнодорожных пути (два для ВСМ) и шесть автомобильных полос.

Китай уже обогнал многие страны мира не только в плане проектирования и прокладки бесшовных рельсов, но и овладел технологией противодействия температурному воздействию. Предназначенные для движения в холодных регионах поезда типа CRH380В (разработаны компанией CNR для ВСМ Харбин–Далянь) могут курсировать при температурах –40 и +40 (зимой скорость составляет 200 км/ч, в летнее время – 300 км/ч).

В 2013 году корпорация CSR закончила тестирование скоростных поездов (200–250 км/ч), способных получать питание как от контактных сетей, так и от аккумуляторов. Сейчас они стали эксплуатироваться в тех районах Китая, где железнодорожная сеть на отдельных участках не имела контактных линий.

Подразделение Changchun Railway Vehicle Co., Ltd. корпорации CNR создало прототип гибридного скоростного локомотива, использующего от двух до трех источников питания: электродвигатель, дизельный двигатель и аккумуляторные батареи. Они будут формироваться по принципу «два в одном» или «три в одном» в зависимости от условий эксплуатации и состояния железнодорожного полотна. Поезда готовы передвигаться со скоростью 160–180 км/ч не только на основных магистралях, но и вспомогательных ветках.

В значительной мере инновационные решения при разработке подвижного состава и строительстве полотна для ВСМ были достигнуты благодаря развитию НИОКР. В начале 2014 года вопросами развития подвижного состава и повышения качества сетевого оборудования занимались 25 университетов, 11 исследовательских центров, 51 отраслевая лаборатория и инженерные центры [6]. В 2012 году в Чанчуне (Цзилинь) запущен крупнейший в КНР центр разработок и производства скоростных пассажирских составов (корпорация CNR). Его рабочая площадка (290 тыс. км²) стала самой масштабной и наиболее укомплектованной передовым оборудованием производственной базой в мире. Центр способен ежегодно





производить: 500 вагонов для обычных пассажирских поездов, 100 высокоскоростных экспрессов нового поколения модели CRH380A, 800–1000 вагонов для ВСМ, 1200 вагонов для междугородных экспрессов. В 2013 году CSR открыла свой первый НИИ, в задачи которого входит не только разработка новейших технологий для ВСМ, но и определение экономической и промышленной стратегии корпорации [7].

МУЛЬТИПЛИКАТИВНЫЙ ЭФФЕКТ

Появление ВСМ в Китае одновременно стало и технологическим прорывом, и сыграло большую роль в стимулировании развития экономики страны и активизации внутреннего спроса. Согласно расчетам экономистов на основе межотраслевых балансов, каждый миллиард юаней, вложенный в развитие ВСМ, создает более 20 тыс. новых рабочих мест в железнодорожной отрасли и в 2 раза больше рабочих мест в смежных отраслях. Аналитическая компания China Galaxy Securities выявила, что инвестирование 700 млрд юаней (\$108,5 млрд в железнодорожное строительство может обеспечить спрос на 30 млн т стали и 140 млн т цемента. Китайские специалисты единодушны в своих оценках: *капиталовложения в железнодорожную инфраструктуру способствуют росту ВВП КНР на 2–3%*.

Строительство железных дорог помогает динамичному развитию экономики прилегающих районов и многих связанных с прокладкой новой трассы отраслей. По оценкам экспертов железнодорожного министерства, самая протяженная в мире ВСМ Пекин–Гуанчжоу позволит ежегодно увеличивать ВВП страны на 30 млрд юаней. Магистраль объединяет пять важнейших экономических зон, и ожидаемое повышение деловой активности в 28 крупнейших городах, расположенных в регионе, обеспечит в течение пяти лет после открытия дороги дополнительный рост ВВП Китая на 3–5%.

После ввода в строй в 2006 году наиболее удаленной западной железной дороги Цинхай–Тибет (1956 км) ВВП тибетского автономного района увеличился с 34,2 млрд юаней до 80,2 млрд юаней в 2013 году. В этот период доходы местной туристической отрасли ежегодно поднимались примерно на 25%, а общее количество туристов, посе-

тивших район, выросло с 1,8 млн до 12,9 млн. В 2013 году 330 тыс. человек или 10% населения Тибета работали в туристической индустрии. Благодаря стремительному развитию региональной экономики объем экспортно-импортных операций на подведомственной автономии территории превысил \$3 млрд. За три года эксплуатации дороги Ухань–Гуанчжоу число перевезенных пассажиров превысило 100 млн. Расположенные в зоне ее прилегания города провинции Хунань – Чанша, Биньчжоу, Хэньян смогли реализовать более 3 тыс. промышленных проектов, составляющих сегодня 40% их индустриального потенциала, и создать более 50 тыс. новых рабочих мест, при этом рост объема розничных продаж в этих городах стал значительно превышать средний по провинции.

Приводимые примеры в известной мере отражают результаты специализации железнодорожного комплекса КНР, которая, с одной стороны, демонстрирует кардинальный рост скорости движения в соответствии с потребностями пассажиров (развитие сети ВСМ), а с другой – рост провозной способности обычных магистралей для обеспечения массовых грузовых перевозок с минимальной себестоимостью. По сути, развитие ВСМ продуцирует значительный внутриотраслевой мультипликативный эффект.

Согласно анализу, проведенному КЖК, изъятие одного пассажирского состава из магистральной со смешанным типом эксплуатации (создание специальной выделенной железной дороги для высокоскоростного пассажирского движения) позволяет повысить пропускной потенциал магистральной на 1,5–2 грузовых состава [9]. Увеличение доли грузовых железнодорожных перевозок в совокупном грузообороте транспорта страны на 1% снижает себестоимость национальной логистики на 21,2 млрд юаней [10].

С открытием ВСМ Цзинань–Циндао, Ухань–Гуанчжоу и Шанхай–Нанкин грузооборот на действующих грузовых железных дорогах увеличился на 200 млн т в год. В частности, на участке Шанхай–Нанкин старой ветки Пекин–Шанхай он составил более 230 тыс. т в день. По данным МЖД, после введения в эксплуатацию в 2010 году ВСМ Пекин–Шанхай пропускная способность грузовых магистралей в том направ-

лении возросла на 140 тыс. т ежедневно, или 50 млн т в год.

Создание крупнейшей в мире сети ВСМ обошлось МЖД в астрономическую сумму — более 2,5 трлн юаней, подавляющая часть которой была сформирована за счет займов и кредитов с участием центральных банков. Многие биржевые аналитики полагают, что руководители министерства подпитывают интерес к ускоренному строительству ВСМ путем постоянной эмиссии новых акций как источника финансирования, который «достался им подобно бесплатному обеду» [11]. По прогнозам аналитиков китайского Minsheng Bank, соотношение объема долговых обязательств к стоимости основных фондов МЖД может возрасти до 70% в том случае, если министерство будет и в дальнейшем полагаться только на государственные банковские займы и эмиссию своих ценных бумаг при продолжении экспансии расширения сети обычных и высокоскоростных железных дорог.

НАПРАВЛЕНИЯ РЕФОРМ

Огромная финансовая задолженность МЖД и необходимость выявления дополнительных источников финансирования развития отрасли вынудили руководство страны заняться реформированием железнодорожной монополии. Предпосылки к изменению курса появились в 2012 году, когда специалисты признали, что роль министерства должна заключаться в создании наиболее благоприятной среды для развития конкуренции и предпринимательства и использовании в этих целях преимущественно косвенных форм и методов государственного регулирования. Основным хозяйствующим субъектом, как предполагалось, могут стать управления дорог, а государство будет отвечать лишь за общее руководство отраслью, формирование инвестиционных фондов для значимых национальных программ и проектов в области железнодорожного транспорта.

Кардинальная реформа МЖД развернулась после 18-го съезда Компартии Китая и 3-го пленума ЦК КПК 18-го созыва (ноябрь 2013 г.), которые взяли курс на всесторонние преобразования в сфере государственных предприятий, поскольку «они являются низкоэффективными и получают

чрезмерные государственные преференции» [12]. Руководство КНР приступило к проведению ориентированных на рынок реформ госкорпораций, чтобы продолжить демонтаж их монопольного положения и добиться поощрения конкуренции. В резолюции пленума отмечалось, что на предприятиях естественных монополий будут разделяться функции государственных полномочий и хозяйственного управления. Частный капитал сможет участвовать в инвестиционных проектах наравне с государственным и тем самым осуществится переход к экономической модели, основанной на праве смешанной собственности.

Был одобрен план по реструктуризации МЖД, заключающийся в разделении функций государственного управления и хозяйственной деятельности китайских железных дорог и одновременном выделении из монопольной структуры министерства конкурентных видов деятельности. Возникли административное и коммерческое подразделения — Государственное управление железных дорог (ГУЖД) и упоминавшаяся уже Китайская железнодорожная корпорация (КЖК). Задача ГУЖД заключается в обеспечении соблюдения технологических стандартов, осуществлении контроля безопасности на железнодорожном транспорте, проведении оценки качества инфраструктурного строительства. Министерство транспорта КНР и ГУЖД взяли на себя контроль за деятельностью КЖК (China Railway Corp.). Корпорации поручено заниматься оперативной деятельностью вместо реорганизованного МЖД, определять уровень железнодорожных тарифов, заниматься трудоустройством 2 млн отраслевых сотрудников. Правительство обязуется финансировать железнодорожное строительство, предоставлять субсидии КЖК в течение трех лет после начала реформирования, стимулировать привлечение инвестиций в отрасль.

По замыслу руководства КЖК должна «сотрудничать со всеми заинтересованными сторонами с целью извлечения максимальной прибыли из переданных ей активов и постепенно сокращать сумму задолженности бывшего МЖД. Корпорация является предприятием, основным исключительно на государственном капитале. Министерство финансов КНР, уполномочен-





ное Госсоветом, будет выполнять обязанности инвестора, контролировать уровень задолженности, следить за качеством и объемами эмиссии ценных бумаг КЖК.

В дальнейшем 18 железнодорожных управлений будут трансформированы в семь региональных корпораций: Северо-Восточную, Восточную, Центральную, Юго-Западную, Северо-Западную, а также представляющие Пекин и Тяньцзинь. Нынешняя Сианьская корпорация может превратиться в независимую либо войти составной частью в Северо-Западную корпорацию со штаб-квартирой в г. Ланьчжоу (Ганьсу). Несколько ключевых ВСМ могут войти в состав новых корпораций в качестве независимых агентов – например, Пекин–Сянган.

Многие годы низкая стоимость пассажирских билетов и убыточность этого сегмента деятельности в основном компенсировались доходами от грузовых перевозок. С 2003 года министерство поднимало грузовые тарифы девять раз, а последнее повышение в марте 2013 года зафиксировало их уровень в 0,13 юаня за т/км. Китайские аналитики полагают, что если государство откажется реструктурировать часть долга бывшего МЖД, то у новой корпорации не останется иного выхода, как повысить стоимость железнодорожных тарифов. По мнению профессора Пекинского университета транспорта Чжао Цзяня, «сегодня КЖК, будучи коммерческой организацией, вряд ли будет мириться с убытками» [13].

С 15 июня 2013 года КЖК приступила ко второму этапу реформирования отрасли для снижения совокупных затрат на железнодорожные грузоперевозки. Для организации конкурентного рынка услуг и более полного удовлетворения потребностей экономики КНР формируется коммерческая инфраструктура рынка грузовых железнодорожных перевозок, которая должна представлять собой эффективный механизм предоставления услуг, обеспечивающий свободный доступ заинтересованных компаний на рынок и стимулирующий развитие конкуренции. Ради дальнейшего развития конкуренции и поэтапного прекращения перекрестного субсидирования грузовых и пассажирских перевозок с февраля 2014 года тарифы на грузоперевозки были

увеличены на 0,03 юаня за т/км. По мнению аналитиков, это повышение окажет свое влияние прежде всего на экономику угольной и сталелитейной отраслей, осуществляющих транспортировку своей продукции на дальние расстояния. Что касается самой железнодорожной корпорации, то за счет новых тарифов ее доходы будут возрастать на 40 млрд юаней ежегодно.

ИНВЕСТИЦИИ НАВЫРОСТ

Для расширения железнодорожной сети КЖК рассчитывает привлекать дополнительные источники финансирования с помощью Фонда железнодорожного развития (ФЖР) и путем расширения сотрудничества с Национальным инвестиционным фондом Китая (НИФК). Отличительная особенность НИФК – возможность получения бюджетного финансирования проектов инфраструктурного строительства при соблюдении ряда условий, включая соответствие проекта стратегическим отраслевым государственным программам.

По замыслу руководства корпорации ФЖР мог бы играть роль инвестиционной платформы, открытой для частного капитала и средств местных правительств. Планируется, что доля государственного участия в формировании финансовых средств фонда может составлять 50%, КЖК – 40%, а 10% останутся остальным участникам, поскольку новые железнодорожные магистрали стимулируют экономическое развитие на региональном уровне и создают новые рабочие места.

Своим решением от 28 марта 2012 года об учреждении зоны финансовой реформы в городе (Чжэцзян) Госсовет КНР наделил местный муниципалитет правом привлекать частные инвестиции для развития городской инфраструктуры. Первым шагом местных властей стала продажа 50%-ного пакета акций строящейся государственной железной дороги длиной 52,22 км и стоимостью в 17,6 млрд юаней. Пакет был быстро раскуплен индивидуальными инвесторами и частными компаниями. Покупатели утверждали, что «акции государственной компании более надежны, чем вклады в коммерческих банках, а долгосрочные проценты по железнодорожному кредиту выглядят более привлекательно по сравнению с аналогич-

ными «финансовыми продуктами» банков» [14].

Местное железнодорожное управление СУАР явилось первым подразделением реорганизованного МЖД, которое сразу стало привлекать частных инвесторов в инфраструктурное строительство. Совместное предприятие с уставным капиталом в 50 млн юаней было зарегистрировано в уезде Цапдал Сибэ, половина которого сформирована за счет частных инвестиций. В 2014 году директор департамента инвестиций ГКРР У Хун заявил, что правительство КНР ускорило разработку положений, стимулирующих участие частного капитала в развитии железнодорожного транспорта Китая. Согласно данным Всекитайского общества исследований в области частного предпринимательства, в 2012 году в стране «объемы частного капитала превышали 60 трлн юаней (9,49 трлн долл. США), включая 35,2 трлн юаней (\$5,57 трлн из личных средств на банковских депозитах и 25 трлн юаней (\$3,96 трлн в виде активов частных предприятий [15].

Желание соучаствовать в инвестициях, направляемых в первую очередь на форсированное развитие высокоскоростных железных дорог, естественно для частного капитала, муниципальных и региональных структур. Все видят, каков результат строительства и какова экономическая эффективность финансовых вложений в отрасль.

По общей протяженности действующих железных дорог (2014 г. — 100 тыс. км), Китай занимает 2-е место в мире (уступая лишь США — 228,5 тыс. км). Загруженность этого вида транспорта — самая высокая на планете. Железнодорожный транспорт страны занимает первое место по объему пассажирских перевозок (2013 г. — 2,08 млрд человек), второе место в мире по объему грузоперевозок (плотность их вдвое превышает российскую (23,8) и значительно выше уровня США (16,1), Индии (15,5), стран Европы (3,7). Железнодорожная отрасль КНР является крупнейшим работодателем — в 2013 году численность персонала дорог составляла около 2 млн человек.

В условиях, когда Китай активно осуществляет электрификацию существующих магистралей и принимает меры по наращиванию мощностей ГЭС и АЭС, конкурентоспособность железных дорог будет возрастать. Стоимость транспортировки 1 т груза

на расстояние в 1 км железнодорожным транспортом стоит сейчас 0,13 юаня, тогда как та же перевозка автомобилями обходится в 0,5 юаня, а авиационным транспортом — 6 юаней. И, наконец, практика доказывает, что пропускная способность железнодорожной магистрали при меньшей ширине отвода земли значительно выше провозной способности автомобильной дороги. В будущем значение этих факторов будет определять дальнейшее повышение конкурентоспособности железнодорожного транспорта КНР, способствовать его экономическому и техническому прогрессу.

ЛИТЕРАТУРА (КРАТКИЙ СПИСОК)

1. China's high-end manufacturing booms on fast track // http://usa.chinadaily.com.cn/business/2012-10/22/content_15836501.htm. [Доступ 4.04.2014].
2. Shi Yingying (China Daily). Looking to China's logistics market // http://www.chinadaily.com.cn/business/2013-07/01/content_16695910.htm. [Доступ 4.04.2014].
3. China rewrites global high-speed rail pattern in six years // <http://english.peopledaily.com.cn/90778/8139987.html>. [Доступ 4.04.2014].
4. Wu Qi, Ren Qinqin (Xinhua). China grips technology to brake world fastest train // http://europe.chinadaily.com.cn/business/2013-03/08/content_16291101.htm. [Доступ 4.04.2014].
5. New bullet train with «Chinese standards» planned // http://en.ce.cn/Industries/Transport/201401/11/120140111_2100855.shtml. [Доступ 4.04.2014].
6. CRH trains take a leading role // http://www.chinadaily.com.cn/business/2014-01/10/content_17228708.htm. [Доступ 4.04.2014].
7. CSR to enhance support for China's rail transport // http://www.china.org.cn/business/2013-04/16/content_28566037.htm. [Доступ 4.04.2014].
8. Beijing-Guangzhou high-speed rail to add 30b yuan to GDP annually // <http://english.peopledaily.com.cn/90778/8074227.html>. [Доступ 4.04.2014].
9. Coates R. Nine Rules for Logistics in China // China Business Review. 2012, Vol. 39, Issue 2. P.15; Shi Yingying (China Daily). Looking to China's logistics market // http://www.chinadaily.com.cn/business/2013-07/01/content_16695910.htm. [Доступ 4.04.2014].
10. Cargo transport set to benefit from link // http://www.china.org.cn/business/2012-12/25/content_27506969.htm. [Доступ 4.04.2014].
11. Ю. Шаньшань. Даешь IPO // Китай. — 2011. № 6 (68). С 18.
12. Diverse ownership to boost SOE reforms // http://news.xinhuanet.com/english/china/2014-01/05/c_133020197.htm. [Доступ 4.04.2014].
13. Xu Wei, Xin Dingding (China Daily). Reorganized railways an engine for reform // http://www.chinadaily.com.cn/kindle/2013-04/11/content_16391982.htm. [Доступ 4.04.2014].
14. Private investment in rail project boosts Wenzhou // http://www.china.org.cn/business/2013-04/25/content_27506862.htm. [Доступ 4.04.2014].
15. Lan Xinzhen. Giving Private Investment More Room. An effective implementation mechanism for encouraging private investment is badly needed in China // Beijing Review / March 5, 2012, Vol. 55, № 10. P. 28. ●





PRIORITIES OF CHINESE SPEEDS

Karapetyants, Irina V. – D. Sc. (History), professor, director of the Institute of International Transport Communications, vice rector for international educational programs of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

Sazonov, Sergey L. – Ph.D. (Economics), senior researcher at the Institute of Far East of Federal Agency for Scientific Organizations, Moscow, Russia.

ABSTRACT

Dynamic and systematic economic and technological growth of China's economy at the beginning of the XXI century largely predetermined scale investments in transport infrastructure, primarily in the construction of high-speed rail (HSR). Mobility of population increases, travel time of cargo and passengers reduces, mobility speed becomes record, recently remote areas obtain access to the center part of the country. The authors analyze and summarize the current trends in transport market, assess existing competitive advantages of HSR, financial problems of existing programs and the reformist course that China's leadership provides for the modernization of the railway complex.

ENGLISH SUMMARY

Background. The Chinese leadership considers railway complex as a key life-support system of economics. Dynamic economic growth in China at the beginning of the XXI century was largely provided by large-scale investments in railway infrastructure development, thereby strengthening the integrity of the country and its international influence. New high-speed routes «compress» the vast area of China, transforming the road network into a reliable, efficient and accessible to the population. Construction of a railway complex turned into a new strategic industry that stimulates growth in related high-tech areas of economy.

Objective. The objective of the authors is to review situation and current trends in development of high-speed rail lines in China.

Methods. The authors use analysis, comparison and descriptive method with elements of economic assessments.

Results.

More available and faster

In the period of 2000–2013 more than 17 thousand kilometers of new railways have been built and in early 2014 their length exceeded 100 thousand km, including 10,463 km of high-speed railways. Rail network comprises six meridional and five latitudinal lines. According to the «Plan of urbanization development in China during the 2014–2020 period», total length of high-speed rail (HSR) in China in 2020 will exceed 20 thousand km, and the total length of the lines of trains with speed of at least 160 km/h will be 40 thousand kilometers. Conventional railway will connect cities with population exceeding 200 thousand people, and HSR lines consisting of four lines in the direction of «North-East» and four routes in the direction of «East-West», will cover almost all cities in China with population of 500 thousand and more, will provide access to high-speed rail service for not less than 90% of population. Construction of new lines will cost \$ 1 trillion yuan.

Growing HSR network will allow people to get from Beijing to the vast majority of provincial capitals of the country in less than 8 hours (Table 1), except for Haikou, Nanning, Kunming, Urumqi and Lhasa, and travel time between major cities should be reduced by 2 times. As a result passenger traffic will accelerate, carrying capacity of railways will increase and the problem of overburdening the largest railway junctions in the period of mass travel of China's residents will be solved. In January 2014 the volume of passenger traffic

in comparison with the previous year increased by 7,9% and amounted to 257 million trips, while the number of used trains increased by 157 pairs – to 2667 units. Daily 5 thousand trains cruised in the country, carrying about 6,8 million passengers per day.

Construction of high-speed lines significantly increased mobility of the population of China. By the beginning of 2014 the part of HSR passengers has attained about 25% of total number of rail passengers. Annual growth in passenger traffic on Beijing-Tianjin line since its opening remains at the level of 20%, Beijing-Shanghai – 40%, and that given the fact that the intervals between the departure of the trains in both directions are of 4–5 minutes. In 2013 about 100 million passengers used the services of the world's longest HSR line Beijing-Guangzhou. In addition, the main line made tourist sites more accessible – after its opening the number of tourists who visited Wuhan, Changsha, Zhengzhou, Shijiazhuang and Beijing, has increased by 20%.

Compromises of competitors

As HSR network grows, speed trains began to compete with traditional regional airlines. According to experts at the University of civil aviation of China, HSR commissioning reduces the number of passengers on the relevant direction by 30%.

After commencement of service of the line Zhengzhou-Xi'an travel time between two cities reduced from 6 to less than 2 hours, and regional airlines had to cancel nearly all flights in Hubei Province. And with the opening in 2012 of HSR mainline Beijing-Wuhan some regional airlines have reduced the price of tickets for travel on this route from one thousand yuan (\$ 160) to 200 yuan (\$ 32). In 2013, HSR line Beijing-Shenzhen came into operation, reducing travel time between two cities to 8 hours instead of previously spent 29 hours (hereinafter it will be extended to Hong Kong).

Price for HSR ticket varies from 2727 to 540 yuan depending on the class (for conventional trains – from 257 to 720 yuan). Ticket for the 3-hour air flight Beijing-Shenzhen operated by China Southern Airlines with Airbus A380 costs 1750 yuan. As a result, in 2013 China's leading companies announced reduction of passenger fares: China Southern Airlines have made discounts up to 73% and Air China has cut prices by 57% on a flight from Beijing to Wuhan. CEO of China Eastern Airlines Shaoyun Liu believes that «in the near future, HSR network of China will cover almost all areas of the country that will have a direct and long-term pressure on the 60% of China's civil aviation market» [1].

Strong competition between two modes of transport in China forced their leadership to start developing ways of cooperation and compromises in the struggle for passengers. In 2013, Air China signed a partnership agreement with the Shanghai road administration of China Railway Corporation (CRC), under which passengers when booking air ticket at any of two Shanghai airports simultaneously can buy tickets for HSR to travel between Shanghai and four surrounding cities – Suzhou, Hangzhou, Wuxi and Changzhou. In addition, Air China develops possibility of connection of their international flights with scheduled high-speed trains

Other Chinese aviation companies resort to more drastic measures: China Eastern Airlines from

Table 1

Travel time using HSR lines from Beijing to the largest cities in China

Beijing						
1 hour	2 hours	3 hours	4 hours	5 hours	8 hours	9 hours
Tianjin	Zhengzhou	Nanjing	Hangzhou	Shanghai	Guangzhou	Hong Kong (2015)
Shijiazhuang	Jinan	Hefei	Wuhan	Harbin		
	Shenyang	Changchun	Xi'an			
	Taiyuan	Dalian				

2013 book and pay for HSR tickets for those airline passengers who use its services, and fly from Shanghai or Wuhan to neighboring cities, and increased the number of trips within a scheme «air-HSR» between two airports in Shanghai (Hongqiao and Pudong) and four major cities – Suzhou, Wuxi, Changzhou and Ningbo. Airline company Hainan Airlines in 2013 adjusted its schedule of flights to schedule of high-speed trains in the province of Hainan.

In modern conditions, in exchange of goods the share of trade of costly goods with short-cycle treatment increases. In China for many years when transporting goods with express delivery service the share of aviation and automotive modes of transportation amounted to 95%, and the share of railways accounted for only 5%. With rapid development of HSR network situation has changed dramatically – the leading railway operator China Railway Group in 2013 signed cooperation agreements with major Chinese and foreign companies of express delivery: SF Express, China Post, UPS, Pony Express, DHL, TNT Express.

Scientific and technical progress

Today, Chinese state-owned corporations develop independently new, more rapid trains for HSR. On the 3d of December 2010, during the pilot test of model CRH-380A, which was held at the section Beijing-Shanghai from Zaozhuang (Shandong) to Bengbu (Anhui), maximum speed reached 486,1 km/h – a new world speed record of trains. Previous record (416,6 km/h) was registered on the 28th of September of the same year during trial operation on HSR line Shanghai-Hangzhou. In July 2012, the management of CSR Corporation announced successful testing of a train, capable of developing a speed of 500 km/h, and in January 2013 a new experimental train set an impressive record – 600 km/h [3].

Experts of Ministry of Railways (MR) pay attention to the improvement and implementation of HSR components and elements. When operating high-speed trains there is increase in dynamic load on the rail bed, braking distance, the centrifugal force on the curves and aerodynamic drag. To solve these problems, the Chinese designers increased axial distance between rail tracks, made a higher radius of curvature and alignment horizontally and vertically, a higher edge of the rail. Moreover special rails, elastic fasteners and larger cross-section of tunnels are applied.

When conducting tests on express CRH380A at speed of 400 km/h, such parameters as possible derailment, degree of pressure reduction on axis wheel and maximum lateral pressure on the wheels, were, respectively: 0,13; 0,6 and 16 [4]. These indicators are key indicators in determining the degree of safety of a high-speed train, the smaller they are, the more is security. International standards require figures 0, 8; 0, 8 and 48 [5].

The noise level in a car CRH380A while driving at a speed above 300 km/h is just 61 dB, whereas in the cabin of Boeing during takeoff it is 81 dB, and in the car at a speed of 120 km/h it is usually close to 76 dB. As for technical reliability, 146 high-speed trains CRH380A produced by CSR Sifang company, constituted in 2013, 50% of HSR rolling stock, and during operation on ten

different lines they set a record of a safe run with 160 million km covered.

During rail construction Chinese experts on their own created a number of true innovations. Section Golmud-Lhasa became the highest in the world. 960 km long, it is located at a height of more than 4 km above sea level. HSR lines often cross water bodies deeper than 100 m and pass through bridges-tunnels at an altitude of more than 80 m. In 2014, the world's highest mountain 9490-meter long tunnel was built for line Lanzhou-Urumqi at the height of 4345 m.

China has already surpassed many countries, not only in terms of design and laying of seamless rails, but also mastered the technology to counter the effects of temperature. Designed for traveling in cold regions train type CRH380B (developed by CNR company for HSR line Harbin-Dalian) can run at temperatures of –40°C and +40°C (in winter speed is 200 km/h, in summer it is 300 km/h).

In 2013, CSR Corporation completed testing high-speed trains (200–250 km/h), which can be powered from both catenary and batteries. Now they began to be used in those areas of China, where the rail network at some sections does not have catenary.

Changchun Railway Vehicle Co, Ltd unit of CNR Corporation has created a prototype of hybrid speed locomotive, using two to three power sources: electric, diesel engine and batteries. They will be formed on the principle of «two in one» or «three in one» depending on the operating conditions and the state of the railway bed. Trains are ready to move at the speed of 160–180 km/h, not only on major main lines, but also on subsidiary spur tracks.

To a large extent innovative solutions in development of rolling stock and construction of railway bed for HSR have been achieved due to research and technological development. At the beginning of 2014, development of rolling stock and improvement of the quality of network hardware involved 25 universities, 11 research centers, 51 research laboratories and engineering centers [6]. In 2012 in Changchun (Jilin) the largest Chinese center for R & D and production of high-speed passenger trains (corporation SNR) began its work. Center is able to produce annually 500 cars for ordinary passenger trains, 100 high-speed express trains of new generation – model CRH380A, 800–1000 cars for HSR, 1200 cars for long-distance express trains. In 2013, CSR has opened its first research institute, whose task is not only to develop new technologies for HSR, but determine economic and industrial strategy of the corporation [7].

Multiplier effect

HSR emergence in China was at the same time a technological breakthrough, and played a major role in stimulating the economy and domestic demand. According to calculations of economists on the basis of input-output balances, every billion yuan invested in the development of HSR, creates more than 20 thousand new jobs in the rail industry and 2 times more jobs in related industries. Analyst firm China Galaxy Securities revealed that investing 700 billion yuan (\$ 108,5 billion) in railway construction can induce the demand for 30 million tons of steel and 140 million tons of cement.





Chinese experts are unanimous in their assessment: investments in rail infrastructure contribute to the growth of China's GDP by 2–3%.

Construction of railways contributes to dynamic economic development of surrounding areas and many industries associated with laying of a new line. According to the experts of Ministry of Railways, the world's longest HSR line Beijing-Guangzhou will annually increase the country's GDP by 30 billion yuan. This main line links five major economic zones, and the expected increase in business activity in the 28 largest cities, located in the region, will provide, during five years after the line's opening, additional growth of China's GDP by 3–5%.

After commissioning in 2006, of the most remote western 1956 km long Qinghai-Tibet railway GDP of Tibetan Autonomous Region increased from 34,2 billion yuan to 80, 2 billion yuan in 2013. During this period, the local tourism industry revenues rose annually by about 25%, and the total number of tourists visiting the region has increased from 1, 8 million to 12,9 million. In 2013, 330 thousand people or 10% of the population of Tibet have worked in the tourism industry. Thanks to the rapid development of the regional economy the volume of export-import operations in the territory under the jurisdiction of autonomy exceeded \$ 3 billion.

These examples to some extent reflect the results of the specialization of China railway complex, which on the one hand, shows the cardinal growth of speed in accordance with the needs of passengers (development of HSR network), and on the other hand – growth of the carrying capacity of conventional lines for mass freight transportation with a minimum prime cost. In fact HSR development produces a significant intra-industry multiplier effect.

According to an analysis conducted by CRC, removal of one passenger train from a main line with a mixed type of operation (creation of a special dedicated railway for high-speed passenger traffic) can improve carrying capacity of a main line by 1,5–2 cargo trains [9]. Growing share of rail freight transportation in the total turnover of the country reduces by 1% the prime cost of national logistics by 21,2 billion yuan [10].

With the opening of lines Jinan-Qingdao, Wuhan-Guangzhou and Shanghai-Nanjing freight turnover on existing freight railways increased by 200 million tons per year. In particular at the section Shanghai-Nanjing of an old spur track Shanghai- Beijing, it amounted to more than 230 tons per day. According to MR, after opening in 2010 of HSR line Beijing-Shanghai carrying capacity of freight main lines in this direction increased by 140 thousand tons daily, or 50 million tons per year.

Creation of the world's largest HSR network costed an astronomical sum – more than 2,5 trillion yuan, most of which was formed through loans and credits with the participation of central banks. According to analysts of the Chinese Minsheng Bank, the ratio of debt to the value of fixed assets of MR could rise to 70% if the ministry will continue to rely on state bank loans and the issue of its securities while continuing to expand the network of conventional and high-speed railways.

Directions for reform

Huge financial debt of MR and the need to find additional sources of financing of industry's development forced the country's leadership to reform railway monopoly. Prerequisites for a course change appeared in 2012, when experts acknowledged that the role of the Ministry should be to create the most favorable environment for the development of competition and entrepreneurship while using for these purposes mainly indirect forms and methods of state regulation. Railway

management units should become main economic entities, and the state will be responsible only for overall management of the industry, investment funds for important national programs and projects in the field of railway transport.

Fundamental reform of MR started after 18th Congress of the Communist Party of China and the third plenum of the Central Committee of Communist Party of China of the 18th Legislature (November 2013), which embarked on comprehensive reforms in the sphere of public enterprises, because «they have low efficiency and get excessive public preferences» [12]. China's leadership started market-oriented reforms of state corporations to continue to dismantle their monopoly position and to achieve the promotion of competition. The resolution of the plenum noted that within natural monopolies functions of state authority and management practices should be separated. Private capital will be able to participate in investment projects together with the state and thereby make the transition to an economic model based on the right of mixed ownership.

A plan to restructure MR was approved, which consisted of dividing the functions of government and economic activities of Chinese railways and simultaneous separation of competitive activities from monopolistic structure of the Ministry. Administrative and commercial units appeared, namely State Railroad Administration (SRA) and already mentioned Chinese Railway Corporation (CRC). The task of SRA is to ensure compliance with technical standards, monitoring of railway safety, quality assessment of infrastructure construction. Ministry of Transport of China and SRA assumed control over the activities of CRC. Corporation is charged with operational activities instead of reorganized MR, determining the level of railway tariffs, and ensuring employment of 2 million industrial workers. The Government undertakes to finance the construction of railways, provide CRC with subsidies within three years after the start of the reform, and stimulate investments in the sector.

CRC should cooperate with all stakeholders in order to maximize profits from the assets transferred to it and gradually reduce the amount of debt of the former MR. Corporation is an enterprise based solely on the state capital. Ministry of Finances of China, authorized by the State Council, will act as an investor to monitor the level of debt, to monitor the quality and issuing volumes of securities by CRC.

Subsequently, 18 railway administrations will be transformed into seven regional corporations: Northeast, East, Central, South West, North West, as well as of Beijing and Tianjin. Current Sian Corporation can turn into an independent corporation or enter as a component part in the North-Western Corporation headquartered in Lanzhou (Gansu). Several key HSR lines can enter into new corporations as independent agents – for example, Beijing-Hong Kong line.

For many years, the low cost of passenger tickets and losses within this business segment have been mainly offset by income from freight transportation. Since 2003 the Ministry raised freight rates nine times, and the last increase in March 2013 has recorded their level of 0, 13 yuan per ton / km. Chinese analysts believe that if the government refuses to restructure the debt of the former MR, then the new corporation will have no other choice but to increase the cost of rail fares. According to the professor of Beijing University of Transport Zhao Jian, «CRC today, being a commercial entity, is unlikely to put up with a losses» [13].

On the 15th of June 2013 CRC started the second stage of reforming the industry to reduce the overall costs of rail freight transportation. To arrange a competitive market and better meet the needs of China's economy commercial infrastructure of

rail freight market is formed, which should be an effective mechanism for providing services, as well as easy access for interested companies to market, and stimulating the development of competition. For further development of competition and gradual termination of cross-subsidization of freight and passenger transport since February 2014 freight rates were increased by 0,03 yuan per ton / km. According to analysts, this increase will have an impact on the economy especially on coal and steel industries regarding haulage of their products over long distances. As for the railway corporation, then by virtue of new tariffs, its revenues will increase by 40 billion yuan annually.

Long-term investments

In order to further develop the railway network CRC expects to attract additional sources of financing with help of Railway Development Fund (RDF) and by increased cooperation with National Investment Fund of China (NIFC). Distinctive feature of NIFC is the ability to obtain a budgetary financing for infrastructure construction projects under certain conditions, including project's compliance with strategic sectoral government programs.

RDF could play a role of an investment platform, open to private capital and funds of local governments. It is expected that the share of government participation in financial assets of funds may be equal to 50%, that of CRC of 40%, and 10% will remain for other participants, as new rail lines stimulate economic development at the regional level and create new jobs.

By the decision of the 28th of March 2012 on the establishment of the zone of financial reform in the city (Zhejiang) China's State Council has given local municipality the right to attract private investment for the development of urban infrastructure. The first step of local authorities was the sale of 50%

stock of shares in state railway under construction, 52,22 km long and valued at 17,6 billion yuan. The package was quickly sold out to individual investors and private companies. Buyers stated that «public company shares are more reliable than the deposits in commercial banks, and long-term interest rates on rail loan look more attractive in comparison with the same «financial products» of banks» [14].

Desire to participate in investments aimed at accelerated development of high-speed railways, is natural for private capital, municipal and regional structures. Everyone can see result of construction and economic efficiency of investments in the sector.

Conclusions. With total length of operated railways (100 thousand km in 2014), China ranks second in the world (after the United States with 228, 5 thousand km). Load of this mode of transport is the highest on the planet. Rail transport of the country ranks first in terms of passenger traffic (in 2013–2,08 billion), second in the world in terms of cargo (their density is twice as Russian (23,8) and is significantly more than levels of the U.S. (16, 1), India (15,5), Europe (3,7). Railway sector in China is the largest employer – in 2013 the number of employees was about 2 million people.

If China actively implements electrification of existing lines and takes measures to increase capacity of hydro and nuclear power stations, the competitiveness of railways will increase. Transportation cost of one ton of cargo to a distance of 1 km by rail costs now 0,13 yuan, whereas the same transportation by car costs 0,5 yuan, and 6 yuan by air transport. Finally, the practice shows that traffic capacity of the railway which needs less land acquisition is much higher than traffic capacity of a road. In the future, the importance of those factors will determine the further enhancement of the competitiveness of rail transport of China and its role in promotion of its economic and technical progress.

Keywords: rail transport, China, reform, high-speed trains, high speed rail, investments, economy, competition.

REFERENCES (ABRIDGED)

1. China's high-end manufacturing booms on fast track // http://usa.chinadaily.com.cn/business/2012-10/22/content_15836501.htm. [Last accessed 4.04.2014].
2. Shi Yingying (China Daily). Looking to China's logistics market // http://www.chinadaily.com.cn/business/2013-07/01/content_16695910.htm. [Last accessed 4.04.2014].
3. China rewrites global high-speed rail pattern in six years // <http://english.peopledaily.com.cn/90778/8139987.html>. [Last accessed 4.04.2014].
4. Wu Qi, Ren Qinqin (Xinhua). China grips technology to brake world fastest train // http://europe.chinadaily.com.cn/business/2013-03/08/content_16291101.htm. [Last accessed 4.04.2014].
5. New bullet train with «Chinese standards» planned // http://en.ce.cn/Industries/Transport/201401/11/t20140111_2100855.shtml. [Last accessed 4.04.2014].
6. CRH trains take a leading role // http://www.chinadaily.com.cn/business/2014-01/10/content_17228708.htm. [Last accessed 4.04.2014].
7. CSR to enhance support for China's rail transport // http://www.china.org.cn/business/2013-04/16/content_28566037.htm. [Last accessed 4.04.2014].
8. Beijing-Guangzhou high-speed rail to add 30b yuan to GDP annually // <http://english.peopledaily.com.cn/90778/8074227.html>. [Last accessed 4.04.2014].
9. Coates R. Nine Rules for Logistics in China // China Business Review. 2012, Vol. 39, Issue 2. P.15; Shi Yingying (China Daily). Looking to China's logistics market // http://www.chinadaily.com.cn/business/2013-07/01/content_16695910.htm. [Last accessed 4.04.2014].
10. Cargo transport set to benefit from link // http://www.china.org.cn/business/2012-12/25/content_27506969.htm. [Last accessed 4.04.2014].
11. Ju. Shan'shan'. On IPO [Daesh' IPO] Kitaj–2011. Iss. 6, Vol.68., p. 18.
12. Diverse ownership to boost SOE reforms // http://news.xinhuanet.com/english/china/2014-01/05/c_133020197.htm. [Last accessed 4.04.2014].
13. Xu Wei, Xin Dingding (China Daily). Reorganized railways an engine for reform // http://www.chinadaily.com.cn/kindle/2013-04/11/content_16391982.htm. [Last accessed 4.04.2014].
14. Private investment in rail project boosts Wenzhou // http://www.china.org.cn/business/2013-04/25/content_27506862.htm. [Last accessed 4.04.2014].
15. Lan Xinzhen. Giving Private Investment More Room. An effective implementation mechanism for encouraging private investment is badly needed in China // Beijing Review / March 5, 2012, Vol. 55, № 10. P. 28.

Координаты авторов (contact information): Карапетянц И. В. (Karapetyants, I. V.) – karapetyants.imo.miiit@gmail.com., Сазонов С. Л. (Sazonov, S. L.) – jsazonova2010@mail.ru.

Статья поступила в редакцию / article received 28.03.2014

Принята в публикации / article accepted 23.05.2014





Мультимодальная сеть Казахстана: проектирование этапного развития



Гаухар КЕНЖЕБАЕВА
Gaukhar Z. KENZHEBAYEVA

Салтанат БАДАМБАЕВА
Saltanat E. BADAMBAYEVA



Кенжебаева Гаухар Жумашевна – кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатации транспорта» Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, Алматы, Казахстан.

Бадамбаева Салтанат Ергазиевна – старший преподаватель Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, Алматы, Казахстан.

Актуальность проблем взаимодействия железнодорожного и морского транспорта связана прежде всего с рыночной средой экономики, конкурентной борьбой, тарифной политикой, инвестиционными ресурсами. В условиях Казахстана при наличии торгового морского порта Актау и двух проходящих по территории страны международных транспортных коридоров принципы мультимодальности приобретают особый смысл и реализуются с помощью логистических ресурсов и разработки методов проектирования комплексного этапного развития мультимодальной сети, в том числе за счет формирования области эффективных альтернатив при изменении облика и мощности действующей системы. Авторы обосновывают три этапа, стратегически важных для экономики регионов и республики в целом.

Ключевые слова: мультимодальная транспортная система, железная дорога, морской порт, транспортно-логистический центр, экономика, конкуренция, технико-экономические показатели, область эффективных альтернатив, этапное развитие.

Совершенствование и развитие транспортной инфраструктуры любого государства должно проходить в тесной взаимосвязи с ключевыми направлениями перевозки грузов в международном сообщении. Причем в современных условиях перед субъектами рынка неизбежно встает вопрос о комплексном подходе при выборе оптимальной технологической схемы доставки грузов с участием различных видов транспорта.

Возьмем каспийский порт Актау, который сейчас стал в Республике Казахстан важным звеном в цепи поставок грузов двух международных транспортных коридоров – «Север–Юг» и «ТРАСЕКА». Актау имеет выгодное геополитическое положение, является единственным конкурентоспособным торговым портом страны и работает по международным стандартам управления, отвечающим требованиям безопасности мореплавания и обслуживания судов, он же остается единственным пунктом стыков морского и магистрального железнодорожного транспорта (рис. 1). Названное предопределяет необходимость создания транспортно-логистического центра на базе порта Актау, где могут быть

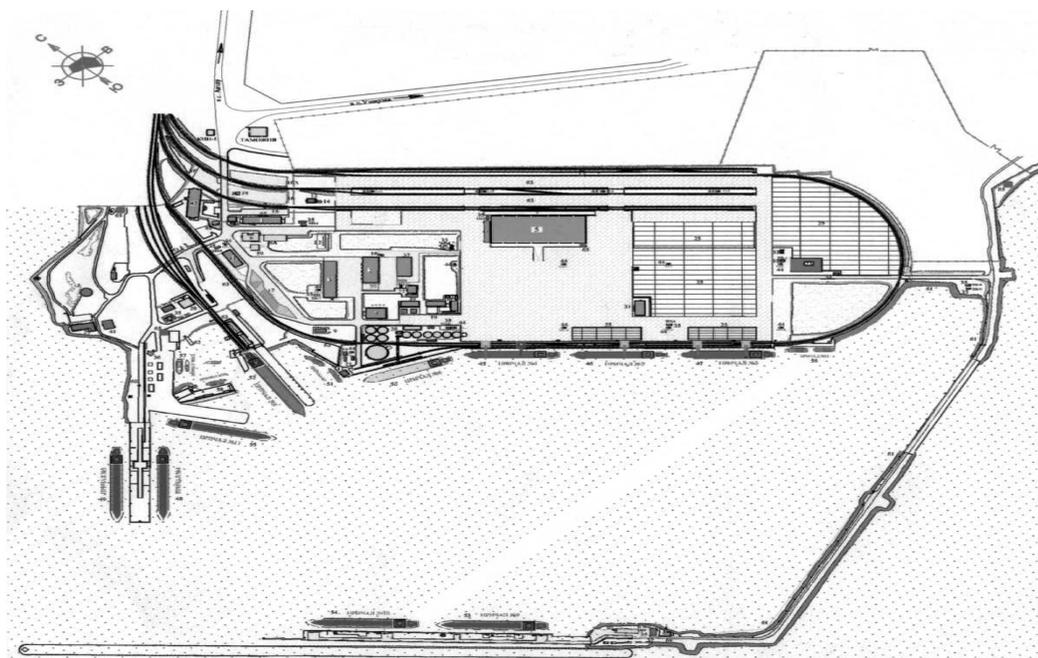


Рис. 1. Современный многоцелевой терминал РГП «АММТП» (Республиканское государственное предприятие «Актауский международный морской торговый порт»).

сосредоточены административные, транспортные, финансово-правовые и информационные структуры.

В этой связи возрастает роль проектирования комплексного и поэтапного развития мультимодальной транспортной сети (МТС) в Казахстане. Практика показывает, что значительные потери времени и средств в местах стыкования нескольких видов транспорта вызваны недостаточным технологическим и информационным взаимодействием между ними.

Большое значение приобретает прогнозирование грузопотоков на подходах к портам. Нужны достаточно точные методы оценки ситуации на различных временных горизонтах, позволяющие реализовать принципы скользящего прогнозирования и способы его совершенствования. Внимание к этой стороне дела понятно: из-за несовершенства методов предвидения возникают неоправданные простои вагонов и судов, а разные системы стандартов приводят к излишнему количеству бумажных документов, длительным процедурам оформления перевозок, что ведет к снижению конкурентоспособности как железнодорожного, так и морского транспорта. Сказываются и ограниченные проектными рамками емкость и уровень оснащенности

морских грузовых терминалов — здесь тоже прямая связь с эффективностью работы железных дорог, их мобильностью и готовностью к кооперации.

С учетом обозначенных факторов выбор методов формирования оптимальной схемы этапного развития мультимодальных транспортных систем представляется задачей методологически непростой. Предложенная в [2,3] классификация МТС как совокупности международных транспортных коридоров (МТК) всех уровней иерархий и разного назначения (рис. 2) подтверждает прежде всего экономическую целесообразность и стратегическую направленность проектирования в этой области.

Комплексный анализ материалов стратегии регионального социально-экономического роста [4] и результатов исследований в работах [5,6] показали, что формирование синхронного этапного развития коммуникаций для всех видов транспорта должно рассматриваться в контексте идей мультимодальности, позволяющих учесть специфику регионов и особенности их влияния на экономику страны.

МТК представляют собой увязанную в пространстве мультимодальными транспортными узлами (МТУ) последователь-



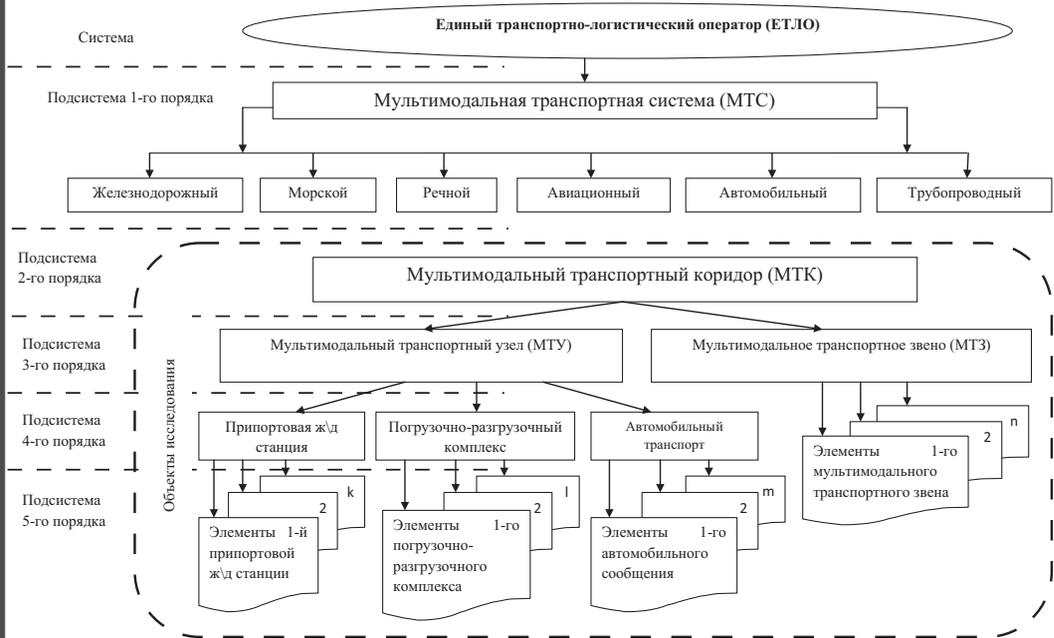


Рис. 2. Микроскопическое представление МТС.

ность мультимодальных транспортных звеньев (МТЗ) разных видов транспорта, обеспечивающих доставку грузов любой номенклатуры от поставщиков до потребителей.

МТУ – сложная технико-экономическая система, состоящая из элементов разных видов транспорта и обеспечивающая эффективное их взаимодействие.

МТЗ – технико-экономическая система, представленная элементами одного из видов транспорта, участвующего в работе МТК.

Учитывая специфику изменения прогнозируемых объемов перевозок в условиях рыночной экономики и связанные с этим особенности развития элементов единого транспортно-логистического оператора Казахстана, предлагаем его декомпозицию представить в иерархическом порядке, отвечающем схеме рис. 2:

1) международные мультимодальные транспортные коридоры (ММТК) и обслуживающие их узлы (ММТУ) – за ними организация контейнерных перевозок из стран Азиатско-Тихоокеанского региона в Европу, через Казахстан;

2) межрегиональные мультимодальные транспортные коридоры (МРМТК) и узлы (МРМТУ) – они осуществляют грузовые и пассажирские перевозки внутри страны;

3) региональные мультимодальные транспортные коридоры (РМТК) и узлы (РМТУ) – их задача обеспечивать перевозки грузов и пассажиров между регионами республики.

Для создания методологии решения проблемы формирования области эффективных альтернатив (стратегий) этапного развития МТС на близкую и отдаленную перспективу следует иметь:

1) концепцию проектирования комплексного этапного развития МТС и ее элементов;

2) систему информационного обеспечения проектирования этапного развития МТС с учетом изменения облика и мощности ее элементов;

3) методику и аналитический блок принятия решений по изменению облика и мощности МТС при наличии рисков и неопределенности;

4) методику формирования области эффективных альтернатив (ОЭА) изменения облика и мощности МТС с учетом неопределенности прогнозов в потребных объемах перевозок.

Как известно, изменение структурно-параметрического представления МТУ, связанных с элементами ММТК и самой мультимодальной транспортной сетью, является многокритериальной и многова-



Рис. 3. Микроскопическое системное представление МТУ.

риантной задачей. Для ее решения на нынешнем этапе экономического развития Республики Казахстан требуется научно обоснованное планирование и распределение ограниченного объема инвестиционных ресурсов. Нужна методология, базирующаяся на передовых информационных технологиях, методах моделирования и современных принципах разработки альтернатив (вариантов) инвестиционных проектов.

Есть немало исследований (в частности, О. В. Белого, Н. В. Правдина, В. И. Галахова, В. Я. Негрея, В. Н. Лившица и др.), в которых подчеркивается и наглядно демонстрируется чрезвычайная сложность задач данного класса и предлагаются соответствующие подходы, методы и методики, позволяющие решать с допустимой точностью поставленные задачи для отдельных видов транспорта. Однако в них недостаточно затронуты вопросы моделирования согласованного и сбалансированного развития нескольких видов транспорта в мультимодальных узлах, которые следует учитывать при изменении их структуры и мощности в существующих экономических условиях.

Необходимо разработать концепцию развития МТС, представляющую собой стратегию действий по управлению формированием области эффективных альтернатив, которая предполагает экономическое обоснование готовящихся изменений, инженерную подготовку производства (ИПП), а вместе с ними и мониторинг объемов перевозок и технико-экономических показателей (ТЭП) работы системы, технического состояния (ТС) ее элементов (рис. 3).

Технология проведения мониторинга должна предусматривать создание единого информационного пространства для поддержки принятия решений при изменении облика и мощности МТС. В режиме реального времени формируются электронные паспорта всех элементов системы. Опыт их внедрения накоплен на железнодорожном транспорте РФ [5,6] и может применяться для любых транспортных систем и их объектов.

Одним из результатов инженерной подготовки является получение исходного множества альтернатив изменения облика и мощности МТС и выделение из него их эффективной области (рис. 3).



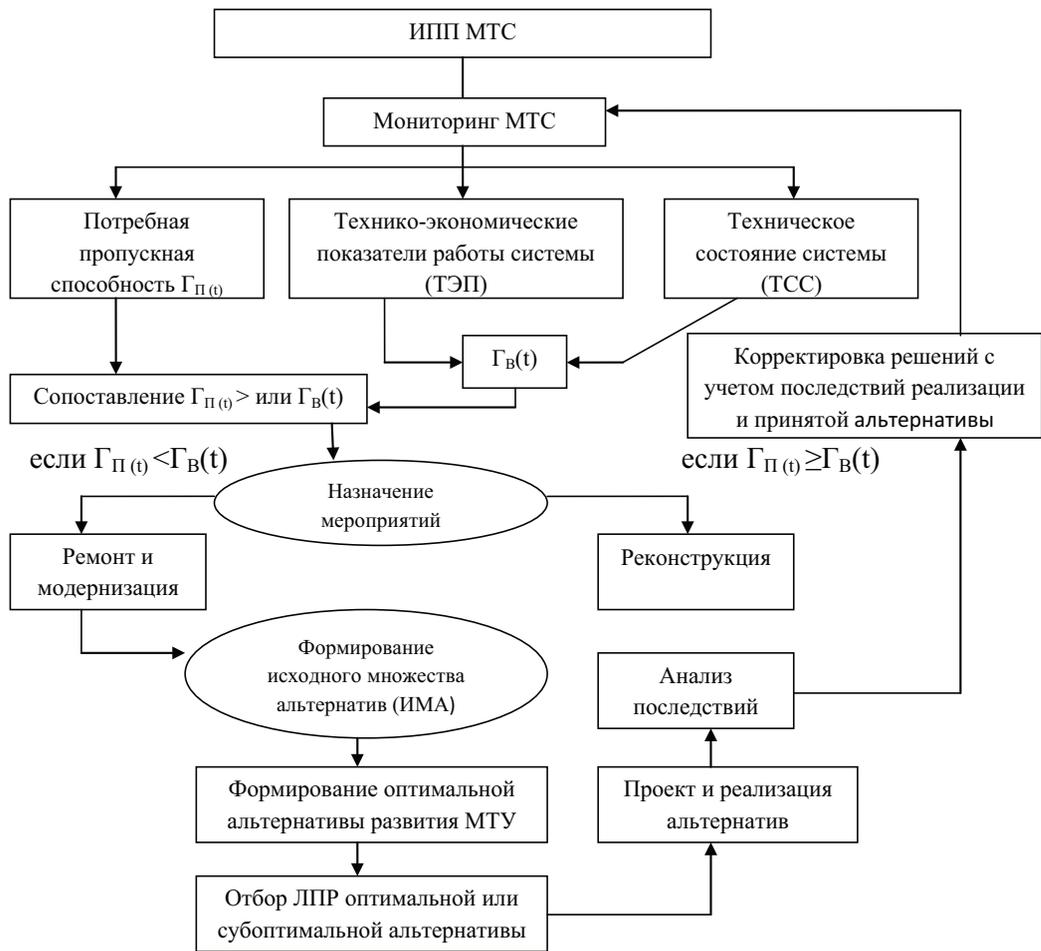


Рис. 4. Блок-схема инженерной подготовки производства для создания исходной базы формирования ОЗА этапного развития МТС.

Под альтернативой (вариантом) изменения облика и мощности МТС следует понимать совокупность элементов системы и параметров с учетом их технического состояния на момент принятия решений, мероприятий по ликвидации выявленных «узких» мест в работе элементов системы, используемых технологий, способов и средств их взаимодействия, позволяющую реализовать определенный объем перевозок в расчетные сроки [7].

Решение проблемы формирования исходного множества и области эффективных альтернатив усложняется потребностью рассмотреть эти множества для различных стратегий и сценариев развития экономики регионов и страны в целом. При этом каждый сценарий руководствуется полученной в ходе мониторинга оценкой существующих и прогнозируемых объемов перевозок. Потребная провозная (перераба-

тывающая) способность МТС (МТК, МТУ) – $G_p(t)$, являясь для сценарного варианта фиксированной по годам расчетного периода, определяет расчетный случай. В его пределах фиксируется свое множество альтернатив (базовая основа) для принятия решений об изменении облика и мощности МТС.

Таким образом, в зависимости от количества рассматриваемых стратегий и сценариев получаем множество расчетных случаев, в пределах каждого из которых может быть названа искомая ОЗА. Соответственно строим и концепцию формирования области эффективных альтернатив применительно к перспективам развития МТС (МТК, МТУ), а по сути – стратегию действий лица, принимающего решения. Концепция имеет в виду три обязательных этапа.

Первый этап предусматривает проведение мониторинга:

– объемов работы исследуемой технико-экономической системы или ее элементов с прогнозом их изменения на ближайшую перспективу в пределах транзитного и местного района тяготения к проектируемому объекту (итогом здесь будет результат построения зависимости потребной провозной способности $G_p(t)$ для принимаемых к разработке расчетных случаев);

– технико-экономических показателей работы существующей МТС и ее элементов, а также причин, влияющих на отказы и уровень мощности мультимодальной системы;

– технического состояния элементов системы с установлением «узких» мест, оказывающих влияние на реализацию мощности параметров МТС (МТК, МТУ, МТЗ).

На основе мониторинга можно определить уровень мощности существующей МТС и ее элементов, который выражается через возможную провозную способность системы $G_b(t)$, при этом она должна быть определена по всем элементам и всей системе в целом.

Реализация первого этапа концепции позволяет получить исходную информационную базу для проведения последующих действий.

Второй этап направлен на реализацию сопоставительного анализа $G_p(t)$ и $G_b(t)$, имея в виду установление сроков исчерпания технического ресурса МТС и ее элементов, назначение мероприятий, поддерживающих работоспособность системы. При $G_p(t) < G_b(t)$ возможно улучшать ее технико-экономические показатели за счет модернизации, ремонтов, не требующих больших инвестиций, а при $G_p(t) > G_b(t)$ за счет проведения реконструктивных мероприятий – этапно наращивать мощность МТС.

Решение подобной задачи предусматривает соответствующий инструментарий, который позволил бы реализовать процедуру формирования оптимальной альтернативы (схемы, стратегии) этапного изменения облика и мощности МТС.

Устойчивый во времени прогноз потребной провозной способности $G_p(t)$ определяет расчетный случай, в пределах которого на основе разработанной методики находится оптимальная альтернати-

ва предполагавшимся на этапе результатам.

Лица, принимающие решения на данном этапе выполнения задачи, проводят анализ оптимальной и возможных субоптимальных альтернатив и отбирают из них наиболее приемлемую для эффективной реализации проекта. При этом в качестве критерия поиска оптимальной альтернативы используются суммарные дисконтированные строительно-эксплуатационные расходы, а при обосновании вариантов финансирования инвестиционного проекта функцию критерия подменяет универсальный для всех ожидаемых итогов «интегральный эффект».

Заключительный этап – разработка проекта по принятой альтернативе, ее реализация с использованием анализа последствий и корректировкой дальнейших решений в пределах принятого горизонта расчета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Послание президента Республики Казахстан Нурсултана Назарбаева народу страны «Стратегия «Казахстан-2050» – новый политический курс состоявшегося государства». – Астана, 2012. – 46 с.

2. Гончарук С. М. Методологические основы проектирования этапного развития облика и мощности мультимодальной транспортной сети – Хабаровск: ДВГУПС, 2012. – 227 с.

3. Нестерова Н. С. Классификация факторов, вызывающих неопределенность при выборе стратегии развития сети железных дорог / Н. С. Нестерова, Вл. А. Анисимов, С. М. Гончарук // The Second International Symposium on Innovation & Sustainability of Modern Railway Proceeding of ISMR'2010. – Irkutsk: Publishing house of Irkutsk State Transport University, 2010. – P. 142–144.

4. Стратегия социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года. Утв. распоряжением правительства РФ от 28 декабря 2009 г. № 2094-р.

5. Гончарук С. М. Принятие решений при проектировании облика и мощности сети железных дорог (системный подход). – Ч. 1: Методология формирования альтернатив облика и мощности сети железных дорог с учетом надежности её функционирования: монография / С. М. Гончарук, А. В. Гавриленков, В. С. Шварцфельд. – Хабаровск: ДВГУПС, 2003. – 178 с.

6. Научно обоснованная концепция вариантов развития сети железных дорог для транспортного обеспечения комплексного освоения природных ресурсов Восточного и Дальневосточного экономических регионов: отчет о НИР / ДВГУПС; рук. С. М. Гончарук. – Хабаровск, 1993. – 98 с.

7. Гончарук С. М., Лебедева Н. А. Особенности и методология проектирования этапного развития облика и мощности мультимодальной транспортной сети: Метод. пособие по выполнению дипломного проекта. – Хабаровск: ДВГУПС, 2013–107 с. ●



MULTIMODAL NETWORK OF KAZAKHSTAN: DESIGN OF A STAGED DEVELOPMENT

Kenzhebayaeva, Gaukhar Z. – Ph.D. (Tech), associate professor, head of the department of transport engineering, traffic and transport operation of Kazakh Academy of Transport and Communications n. a.M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan.

Badambayeva, Saltanat E. – senior lecturer of Kazakh Academy of Transport and Communications n. a.M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan.

ABSTRACT

Relevance of interaction problems between rail and sea transport is primarily connected with market environment of the economy, competition, tariff policy, investment resources. In Kazakhstan, due to the presence of sea port Aktau and two international transport corridors passing through the country principles of multimodality acquire a special meaning and are implemented using logistic resources and development of design methods of integrated staged development of multimodal network, including effective alternatives providing for the situation when the shape and capacity of the current system are changing. The authors substantiate three stages, which are of strategic importance for national and regional economics.

ENGLISH SUMMARY

Background. Improvement and development of transport infrastructure of any country should be conducted in close relationship with the key areas of international freight transportation. Under present conditions market entities inevitably need integrated approach while selecting an optimal technical plan of delivery of goods with participation of different modes of transport.

Objective. The objective of the authors is to investigate different aspects of a staged development of a multimodal transport network in Kazakhstan.

Methods. The authors used analysis, comparative method and descriptive method.

Results. The Caspian port of Aktau has become an important link in the supply chain of goods of two international transport corridors – «North-South» and «TRACECA» in the Republic of Kazakhstan. Aktau has a favorable geopolitical position, is the only one competitive trading port of the country and functions basing on the international management standards that meet the requirements of maritime safety and marine service. It remains the only one point of interchange between the sea and the mainline railway transport (Pic. 1). Here are the prerequisites for the need to create a transport-logistics center at the port of Aktau, which can include administrative, transportation, financial, legal and information structures.

In this regard, the role of designing of integrated and staged development of a multimodal transport network (hereinafter-MTN) in the Republic of Kazakhstan grows. Practices show that significant losses of time and money in places of interchange of several modes of transport are caused by the lack of technological and informational interaction between them.

Freight flows forecasting at the approaches to ports is of great importance. There is a need for reasonably accurate assessment methods for different time depth that allow implementing the principles of flexible forecasting and ways of its improvement. Attention to this aspect of the matter

is evident. Imperfection of forecasting methods causes unnecessary downtime of cars and ships. Different systems of standards lead to an excessive amount of paper documents, lengthy procedures of freight handling, resulting in reduction of competitiveness, both of rail and sea transport. Capacity and the level of equipment of marine cargo terminals, which are limited by project scope, also also have their impact. As well as there is also a direct relationship with the efficiency of railways, their mobility and willingness to cooperate.

With account for the indicated factors the choice of methods of engineering of the optimal scheme of a staged development of a multimodal transport system (hereinafter – MTS) seems a methodologically difficult task. MTS classification as an integrity of international transport corridors (hereinafter called ITC) of all hierarchic levels and objectives, proposed in [2, 3], Pic. 2, confirms economical practicability and strategic goals of designing in that sphere.

Comprehensive analysis of strategy materials of regional, social and economic growth [4] and research results in the papers [5,6] have shown that simultaneous staged development of communications for all modes of transport should be considered in the context of multimodality ideas, allowing to consider regional specifics and peculiarities of their economic impact.

ITC is the sequence of multimodal transport links (hereinafter – MTL) of different modes of transport, ensuring delivery of goods of any range from suppliers to customers, which is interlinked in space by multimodal transport hubs (hereinafter – MTH or MTJ).

MTH is a complex technical and economic system consisting of elements of different modes of transport and ensuring their effective interaction.

MTL is a technical and economic system presented by elements of one of transport modes participating in ITC functioning.

Given the specifics of the changes in projected traffic volumes under the market economy conditions and features of the development of elements of a consolidated transport and logistics operator in Kazakhstan, the authors offer to represent its decomposition hierarchically, corresponding to the diagram (Pic. 2):

1) international multimodal transport corridors (IMTC) and hubs serving them (IMTH) – followed by the organization of container traffic from the Asia-Pacific region to Europe via Kazakhstan;

2) interregional multimodal transport corridors (IRMTTC) and junctions (IRMTJ) – they carry out cargo and passenger transportation in the country;

3) regional multimodal transport corridors (RMTTC) and junctions (RMTJ) – their task is to provide transportation of goods and passengers between regions of the country.

To create a methodology to solve the problem of effective alternatives (strategies) of staged development of MTN for a close and long-term perspective there should be created:

1) Concept of designing of an integrated staged development of MTN and its elements;

2) Information support system for designing a staged development of MTN with account for changes in the shape and capacity of its elements;

3) Methodology and analytical decision-making block to change shape and capacity of MTN in environment of risks and uncertainty;

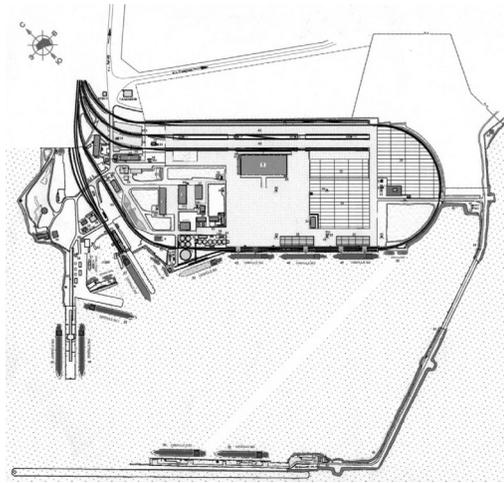
4) Method of generating of the field of effective alternatives (FEA) and changing the shape and capacity of MTN subject to uncertainty in the predictions of required volumes of traffic.

The change in the structural-parametric representation of IMTH, associated with the elements of IMTC and multimodal transport network, is multivariate and multicriteria task. To solve it at the current stage of economic development of the Republic of Kazakhstan science-based planning and allocation of limited investment resources are required. There is a need for methodology based on advanced information technologies, modeling techniques and modern principles of designing alternatives (options) of investment projects. There are many studies, in particular, those of O. V. Belyi, N. V. Pravdin, V. I. Galakhov, V. Ya. Negrei, V. N. Livshits, etc., which emphasize and clearly demonstrate the extreme complexity of the problems of this type, and offer appropriate approaches, methods and techniques for solving with sufficient precision these set tasks for different modes of transport.

However, they do not fully touch on issues of modeling of coherent and balanced development of several modes of transport in multimodal junctions that must be considered when changing their structure and capacity in the current economic environment.

It is necessary to develop a concept for the development of MTN, representing a strategy for managing a design of effective alternatives, which implies economic feasibility of changes that are being prepared, engineering preparation of production (EPP), along with monitoring of traffic volumes and technical and economic indicators (TEI) of the system, technical condition (TC) of its elements (Pic. 3).

Monitoring technology should include shaping of a common information space for decision-making support for changing the shape and capacity of MTN. Electronic passports of all system elements are formed in real-time mode. Experience of their introduction is accumulated by rail transport of the



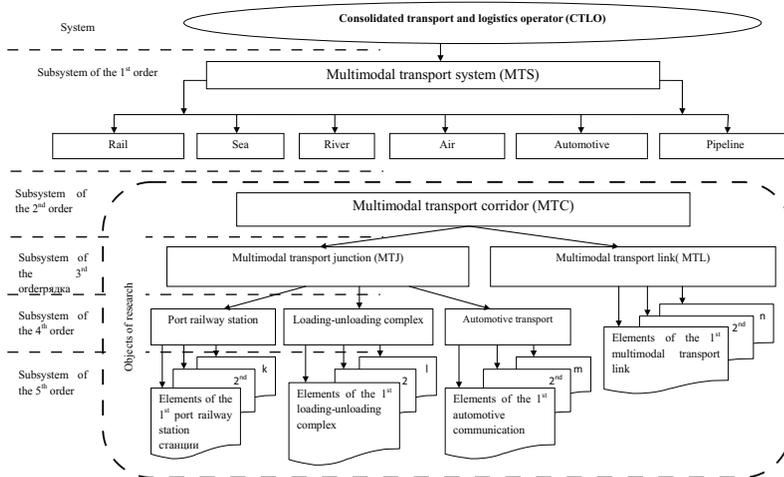
Pic. 1. Modern multipurpose terminal RSE «AISCP» (Republican State Enterprise «Aktau International Sea Commercial Port»)

Russian Federation [5,6] and can be used for any transport systems and their objects.

One of the results of engineering preparation is obtaining of an initial set of alternatives of changing the shape and capacity of MTN and allocation of their effective area from this set (Pic. 4).

An alternative (option) of changing the shape and capacity of MTN should be considered as an aggregate of system elements and parameters with regard to their technical state at the time of decision-making, activities to eliminate identified «narrow» places in the system components, technologies used, ways and means of their interaction, enabling to implement a certain traffic volume for target date [7].

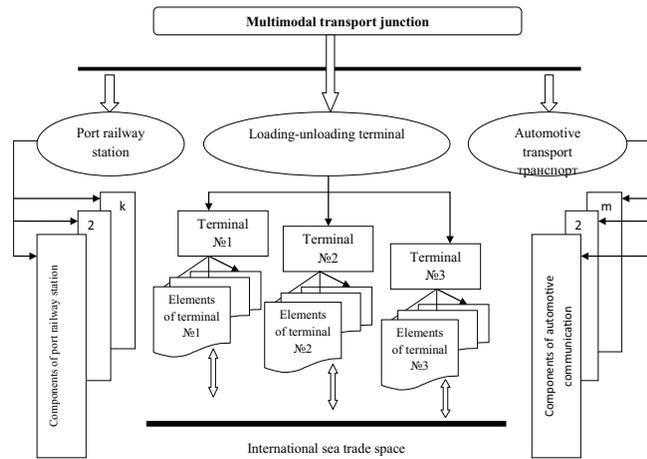
Generation of the original set and the field of effective alternatives is complicated due to the need to consider these sets for different strategies and scenarios of economic development of regions and the country as a whole. In addition, each considered scenario relies on evaluation of current and projected traffic volumes. Required carrying (estimated) capacity of MTN (ITC, MTJ, MTH) – $\Pi(t)$, determined for scenario purposes for year-wise periods, determines the considered case. Within its limits its own set of alternatives (basic framework) is fixed to make decisions on changing the shape and capacity of MTN.



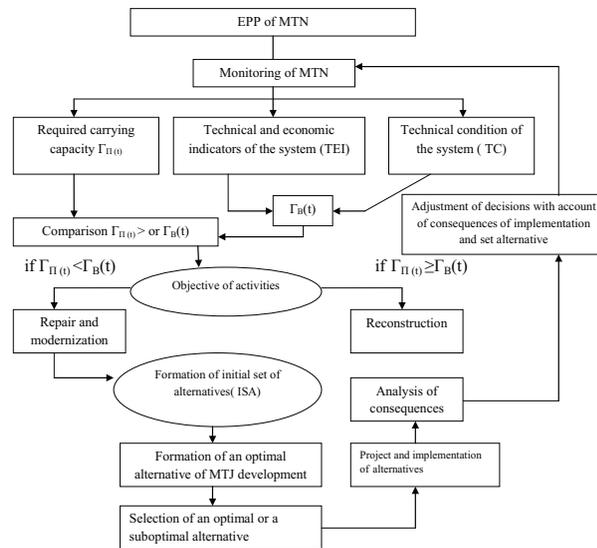
Pic.2. Micro representation of MTN.



Pic. 3. Micro system representation of MTJ.



Pic. 4. Flow-chart of engineering preparation of production for creation of initial base of FEA formation of staged MTN development.



Thus, depending on the number of considered strategies and scenarios we obtain a plurality of considered cases, within each of which a desired FEA may be developed. Accordingly, we build a concept of the field of effective alternatives with respect to the development prospects of MTN (ITC, MTJ), but in fact we are building an action strategy of a decision maker. The concept refers to three essential stages.

The first stage includes monitoring of:

- The amount of work of a considered technical-economic system or its elements taking into account a forecast of their changes for the near future within transit or local area adjacent to a projected object (the result will be construction of dependence of required carrying capacity $\Gamma_B(t)$ for considered cases);
- Technical and economic indicators of the existing MTN performance and its elements, as well as factors that influence failures and the capacity level of a multimodal system;
- Technical condition of elements of the system with the establishment of «narrow» places, affecting the implementation of the parameters' capacity of MTN (ITC, MTJ, MTL).

On the basis of monitoring it is possible to determine the capacity level of the existing MTN and its elements, which is expressed through the possible carrying capacity of the system $\Gamma_B(t)$, at the same time

traffic capacity must be defined for all elements and the whole system.

The first stage of the concept enables to obtain an initial information base for future action.

The second stage aims at realizing a comparative analysis of $\Gamma_B(t)$ and $\Gamma_P(t)$, with establishment of the terms of a technical resource exhaustion of MTN and its elements, setting possible actions that support the operation of the system. If $\Gamma_P(t) < \Gamma_B(t)$ it is possible to improve its technical and economic indicators through modernization, repairs, requiring minimal investment. And if $\Gamma_P(t) > \Gamma_B(t)$ it is possible to enhance stage-by-stage the capacity of MTN.

Solution of such a problem supposes appropriate tools that would enable to generate optimal alternative (schemes, strategies) of staged changing of the shape and capacity of MTN.

Time stable forecast of required carrying capacity $\Gamma_B(t)$ defines a considered case, within which an optimal alternative to the results expected at the stage is found.

Decision-makers at this stage of the task analyze optimal and possible suboptimal alternatives and select a more appropriate one for the effective implementation of the project. At that stage they use discounted total construction and operation costs as a criterion of a search for best alternative. At the stage of substantiation of variants of funding of investment

project criterion function is replaced by comprehensive «integral effect».

The final stage is development of a project within the adopted alternative, its implementation using the impact analysis and correction of further decisions taken within the calculation horizon.

Conclusion.

On the basis of MTN systemic representation, developed concept, adopted calculation scheme of the process of changing the shape and capacity of MTJ as a component of MTN, the authors formulated a meaningful and mathematical set of a problem of generating alternatives during changing the shape and capacity of MTN, as well as selected one of the possible methods and methodology of constructing an optimal alternative (strategy) of a staged changing if the shape and capacity for elements of MTN – ITC, MTL, MTJ and the system as a whole.

Based on the analysis of the obtained optimal and suboptimal schemes an opportunity was revealed for a fairly simple comparison with the performance results of elements and system as a whole, and this in turn made it possible to develop a technique of forming FEA as a basic framework for decision-making support at the stage of development of MTN investment project concept development. The universality of a method and developed techniques should be noted, since they enable to perform the following tasks:

1. To form an optimal scheme of a staged change of the shape and capacity of individual

elements of MTN and of whole system within a fixed considered case based on criterion of «total discounted construction and operational costs».

2. To choose an optimal technology of MTN elements functioning, taking their conditions as a set of possible technological options.

3. To generate a field of effective alternatives to support decision-making on the criterion of «integral effect». The technique enables to perform this procedure for a variety of options of forecasts of required carrying capacity volumes and on this basis to choose a suboptimal scheme that is resistant to change growth forecasts $\Gamma(t)$.

4. The developed technique of FEA development makes it possible to decide on increase in economic attractiveness of MTN investment project for carriers by varying monetary indicators.

5. If it is necessary, it is possible to decide on rational distribution of traffic volumes between modes of transport and MTN elements setting a different ratio of volumes by modes of transport and/or their elements as technical conditions.

The authors made systematization of factors causing uncertainty in the formation of alternatives of a staged development of modes of transport of ITC and MTJ technical systems, on the following grounds: area of occurrence; source of occurrence; time of occurrence; probability of occurrence; nature of uncertainty on the possibility of obtaining additional information in the course of management.

Keywords: multimodal transport system, railway, seaport, transport and logistics center, economy, competition, technical and economic parameters, field of effective alternatives, staged development.

REFERENCES

1. Address of the President of the Republic of Kazakhstan Nursultan Nazarbayev to the country «Strategy «Kazakhstan-2050» – a new policy of an established state [“*Poslanie prezidenta Respubliki Kazahstan Nursultana Nazarbaeva narodu strany «Strategiya «Kazahstan-2050» – novyj politicheskij kurs sostoyavshegosya gosudarstva*”]. Astana, 2012, 46 p.

2. Goncharuk, S. M. Methodological bases of designing a staged development of a shape and capacity of a multimodal transport network [Metodologicheskie osnovy proektirovaniya etapnogo razvitiya oblika i moschnosti mul'timodal'noy transportnoy seti]. Khabarovsk, DVGUPS publ., 2012, 227 p.

3. Nesterova, N.S., Anisimov, V.A., Goncharuk, S. M. Classification of factors causing uncertainty when choosing a strategy of a railway network development [Klassifikatsiya faktorov, vyzhivayuschih neopredelennost pri vybore strategii razvitiya seti zheleznih dorog]. The Second International Symposium on Innovation & Sustainability of Modern Railway. Proceedings of ISMR'2010. Irkutsk, Publishing house of Irkutsk State Transport University, 2010, P. 142–144.

4. Strategy for Socio-Economic Development of the Far East and Baikal Region until 2025. Approved. by the order of the Government of the Russian Federation of December 28, 2009 № 2094-р [Strategiya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Dal'nego Vostoka i Baykal'skogo regiona na period do 2025 goda. Urv. rasporyazheniem pravitel'stva RF ot 28 dekabrya 2009 g. № 2094-r].

5. Goncharuk, S.M., Gavrilin, A.V., Shvartsfeld, V. S. Decision-making in designing shape and capacity of a railway network (system approach). Part 1. Methodology of forming alternatives of a shape and capacity of a railway network with account of reliability of its functioning: monograph [Prinyatie resheniy pri proektirovanii oblika i moschnosti seti zheleznih dorog (sistemnyj podhod). Ch. 1. Metodologiya formirovaniya al'ternativ oblika i moschnosti seti zheleznih dorog s uchedom nadezhnosti ee funkcionirovaniya: monografiya]. Khabarovsk, DVGUPS publ., 2003, 178 p.

6. Scientifically based concept of development of options for a railway network for traffic support of an integrated development of natural resources of Eastern and Far Eastern economic regions: research report, made under the direction of Goncharuk, S.M. [Nauchno obosnovannaya kontseptsiya variantov razvitiya seti zheleznih dorog dlya transportnogo obespecheniya kompleksnogo osvoeniya prirodnykh resursov Vostochnogo i Dal'nevostochnogo ekonomicheskikh regionov: otchet o NIR / DVGUPS]. Khabarovsk, 1993. – 98 s.

7. Goncharuk, S.M., Lebedeva, N. A. Features and methodology of designing a staged development of a shape and capacity of a multimodal transport network: guidance for graduation project [Osobennosti i metodologiya proektirovaniya etapnogo razvitiya oblika i moschnosti mul'timodal'noy transportnoy seti: Metod. posobie po vypolneniyu diplomnogo projekta]. Khabarovsk, DVGUPS publ., 2013, 107 p.

Координаты авторов (contact information): Кенжебаева Г. Ж. (Kenzhebayeva, G. Z.) – gaukhar@mail.ru, Бадамбаева С. Е. (Badambayeva, S. E.) – saltasha77@mail.ru.

Статья поступила в редакцию / article received 20.05.2014
Принята к публикации / article accepted 24.07.2014



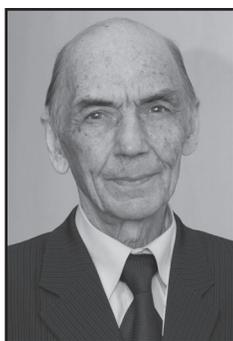


Краудфандинг как стратегия инвестирования в инновации



Владилен ТЕГИН
Vladilen A. TEGIN

Борис УСМАНОВ
Boris F. USMANOV



*Тегин Владилен Александрович — кандидат технических наук, доцент Коломенского института Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ), Коломна, Россия.
Усманов Борис Фатыхович — доктор социологических наук, профессор Московского гуманитарного университета, Москва, Россия.*

Став одним из способов добровольного финансирования инновационных проектов посредством интернет-сетей, краудфандинг постепенно привлекает к такому сотрудничеству и российских бекеров — людей, вкладывающих личные деньги на создание новых востребованных бизнесом и обществом продуктов. Сформировался тип подвижного в своих интересах и выборе креативных идей инвестиционный пул, обслуживающий запросы рынка и способный содействовать реализации краудфандинговых кампаний в любой сфере жизнедеятельности, включая и транспорт. Примеры подобной всеохватности целевых сетевых платформ, приводимые авторами статьи, и общая оценка сложившейся практики подчеркивают экономический смысл и несомненную предпринимательскую выгоду краудфандинга. Инвестиционная стратегия корпораций, а равно и представителей среднего и малого бизнеса в России должна в полной мере использовать новый финансовый ресурс.

Ключевые слова: инвестиции, инновационные проекты, интернет-сети, добровольное финансирование, краудфандинг, бизнес.

В последние годы растет популярность нового способа финансирования проектов — краудфандинга. Это сравнительно новый процесс в бизнесе: разработчики привлекают «народные» инвестиции для реализации своих идей. Они рассказывают о них, показывают чертежи или прототипы, и люди, которым предлагаемое понравилось, присылают им, авторам, кто сколько может.

ДОБРОВОЛЬНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА

Краудфандинг (от англ. crowd funding, crowd — «толпа», funding — «финансирование») — коллективное сотрудничество людей, добровольно объединяющих свои ресурсы, как правило, через Интернет, чтобы поддержать усилия других людей или организаций. Финансирование по схеме краудфандинга может служить различным целям в том числе помогать запуску научных исследований, начинаниям стартап-компаний и малого бизнеса. У сбора средств должны быть прозрачная цель и понятная цена ее достижения. Калькуляция расходов

и ход сбора денег не могут оставаться закрытыми для публики.

Людей, которые платят, поддерживая инициативу, называют бекерами (*backer, англ.*), реже — меценатами. Это — человек, вкладывающий деньги в еще не существующий проект и желающий получить впоследствии какой-нибудь полусимволический бонус: копию (экземпляр) продукта бесплатно или со значительной скидкой, копию продукта с призом либо эксклюзивные материалы, доступные лишь бекерам. Такие добровольные инвесторы не являются соучредителями компаний, они не получают акций. За счет большого количества бекеров, даже при небольших вкладах (от \$1 до \$100, а самые популярные платежи — \$20–25), компании собирают средства на разработку и изготовление инновационного продукта. Он может быть разным — игра, книга, фильм, новый или модифицированный вид транспортного средства, инструменты или даже открытие общественного спортзала.

В формате краудфандинга неопытного новичка «протаскивают» через несколько испытаний, которые делают из него почти что «акулу капитализма». Эти этапы следующие:

- Реклама и продвижение.
- Исследование рынка.
- Связи и партнеры.
- Предзаказ и обязательства.

Успешная рекламная кампания оставляет авторов проекта «лицом к лицу» с десятками или сотнями клиентов, которые успели оплатить покупку и нетерпеливо ждут заветную посылку или релиз. (Сильный мотив — довести работу до конца, чего бы это ни стоило!) Пройдя через краудфандинговую технологию, начинающий предприниматель приобретает не только деньги, но и бесценный опыт производства, продвижения, продажи и поддержки своего товара (услуги). PR-агентства или продюсерские центры помогают более результативно пройти через эти стадии. В англоязычных странах известны 10 полезных советов по краудфандингу.

1. Составить план. Начинать надо с четкого плана, включающего цели кампании, стратегию ее проведения, бюджет и ресурсы.

2. Сформировать рабочую группу. В команде должны быть как специалисты извне (они будут выполнять работу до, в течение и после кампании), так и основатели, которые станут стремиться развивать бизнес.

3. Разработать мультимедийный контент для каналов, пользующихся популярностью. Есть множество способов привлечь внимание людей: воспользоваться преимуществами сетевых технологий, использовать маркетинговые e-mail кампании, публиковать посты в блогах, выкладывать видеозаписи.

4. Вдохновлять клиентов. Рассказывать им о кампании, ее целях, представить всё в выгодном свете. Люди интересуются новым.

5. Доказать людям, что вам можно доверять. Краудфандинг — это коллективное сотрудничество. Докажите своим отношением к делу и поступками, что вы достойны доверия. Люди, предоставляющие средства, имеют право знать, на что будут потрачены их деньги.

6. Не бояться экспериментировать. Используйте новые методики, уделите внимание апробации своего креатива в социальных сетях, разработайте что-нибудь неожиданное (новый «велосипед»!).

7. Не бояться изменений. Краудфандинг непредсказуем. Даже если разработан ясный план действий, нельзя предугадать, как будут развиваться события, поэтому готовы к коррекции, изменения по ходу дела.

8. Привлекать людей, которым безразлична ваша деятельность. В этом помогут маркетинговые методики — популяризация в социальных сетях, e-mail, пиар, публичные выступления.

9. Рассчитать бюджет. Средства должно быть достаточно, чтобы оплатить запланированные (и отчасти незапланированные) действия во время кампании.





10. Быть преданными своему делу. Краудфандинговая кампания обычно длится недолго, но ваша репутация останется с вами навсегда.

Разновидностью проекта на основе краудфандинга является инициатива Рады Бабурян (эксперт в области эстетической медицины, пионер коучинга в сфере здравоохранения) по поддержке молодых людей, которым необходима медицинская помощь. Запущенный процесс без срока давности и ограничений. Очень многое зависит от индивидуальных факторов, это более эмоциональный проект, преследующий гуманитарные цели, и более точечный (в отличие от государственной поддержки), прозрачный и контролируемый. Общественная огласка и резонанс на столь адресную инициативу — залог ее реализации в каждом индивидуальном случае в рамках бюджета благотворительных средств, личной преданности и участия.

Другим вполне традиционным проектом, где сразу определились объемы, суммы, программа, участники, был фотопроjekt «200 мгновений Бородинской битвы», в основе которого лежали однозначные критерии SMART (specific, measurable, assignable, realistic, time-bound) — довольно четко выраженные спецификации, измеримость успеха и реализации, значимые и достижимые показатели, реалистичные цели и определенность во времени исполнения.

Краудфандинговые платформы собрали почти \$1,5 млрд в 2011 году, профинансировав более миллиона проектов. При имеющихся тенденциях этот растущий рынок в 2012 году удвоился и продолжает развиваться.

Рынок разделён на четыре типа краудфандинговых платформ:

- *долевые*: вносители получают долю в проектах или часть выручки;
- *займовые*: вносители получают доход со своих средств и ожидают их возврата;
- *бонусные*: вносители получают нефинансовую выгоду, проекты часто используют кампании для предварительных продаж;

— *безвозмездные*: вносители не ожидают ничего взамен, а имеют филантропические мотивы.

К удивлению приверженцев бонусного краудфандинга в его проектах было собрано всего 11% от общей суммы, а 49% средств появились на безвозмездной основе (несмотря на тот факт, что 47% платформ работают на бонусной основе и всего 27% — на безвозмездной). Сумма сборов в бонусном краудфандинге росла на первых порах примерно на 524% в год (с \$1,6 млн в 2009 г.). Львиную долю денег отдаёт Северная Америка (более половины суммы, собираемой в мире).

Обнаружено, что на апрель 2012 года в мире имелось 452 краудфандинговые платформы. Ожидалось, что их число вырастет к концу года до 536. Большинство платформ базируется в Северной Америке — 208 (191 — в США). В Европе было 139 платформ (44 — в Великобритании). При этом 95% средств в Европе и 73% в Северной Америке собраны на пяти наиболее «раскрученных» платформах. Хотя рынок быстро расширяется (по объёму привлечённых финансовых ресурсов и количеству платформ), соотношение выплачиваемых средств к обещанным падает: в 2009 году было 89% от суммы обещанного, а в 2011-м уровень выплат сократился до 79%.

ПЯТЬ НЕМАТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ

Пользователи, инвестирующие средства в краудфандинговые кампании, получают возможность ощутить свою причастность к реализации важного проекта и разделить с производителями радость от появления на рынке новой продукции. Пять неоспоримых нематериальных преимуществ краудфандинговой модели таковы.

1. Оценка уровня спроса и уменьшение рисков.

Созрела идея создания новой продукции, но будет ли она пользоваться спросом? И какую сумму люди будут готовы потратить на ее приобретение?

Опубликовав свой проект на краудфандинговой платформе, можно получить ответ на эти вопросы от потенциальных потребителей.

2. Проверка маркетинговых материалов и подготовка рекламной кампании.

Краудфандинговая кампания одновременно является и рекламной. Производители могут в неограниченных объемах размещать на платформах информацию о своих проектах, в том числе коммерческие ролики, отзывы прессы и т. д. В процессе проведения кампании можно определить, какие рекламные материалы работают лучше, и разработать пути продвижения продукции.

3. Доверие и дополнительное продвижение.

Публикация на краудфандинговой платформе внушает интернет-пользователям особое доверие к проекту, одновременно обеспечивая стартапы дополнительной рекламой. Многие краудфандинговые ресурсы предлагают своим лучшим проектам рекламную поддержку (публикации в социальных сетях, новостная рассылка, блоги и т. д.).

4. Получение контактной информации, создание потребительской базы.

Краудфандинг предоставляет возможность общаться с потребительской аудиторией, получая бесценные по актуальности и искренности отзывы о своих товарах. Кроме того, после рекламной кампании можно получить список электронных адресов инвесторов, что позволит вам продолжить обсуждение своей продукции с потребителями и после получения финансирования.

5. Стратегическая открытость новым возможностям.

Разместив информацию о проекте на платформе, можно обеспечить своему бизнесу будущее. Прозрачность краудфандинговых форм создает предпосылки к дальнейшему развитию: появляются инвесторы, готовые финансировать компании вне рамок проекта, а также новые бизнес-партнеры, воплощаемой вами идеей может заинтересоваться пресса.

ЛУЧШИЕ СТРАТЕГИИ

Идеями краудфандинга уже прониклось большинство дальновидных предпринимателей и инвесторов в развитых странах. Сейчас бизнесмены могут вполне законно привлекать средства на свои проекты, минуя сложную цепочку действий, в сотрудничестве с венчурными фондами и бизнес-ангелами. Да и обычные граждане, ранее не занимавшиеся инвестициями, успели оценить преимущества этого финансового инструмента: теперь инвестиции напоминают шопинг — нужно всего-навсего просмотреть ряд проектов, требующих финансирования, и выбрать тот, что привлёк внимание. Однако предприниматели задаются вопросом: как преподнести проект на краудфандинговом портале так, чтобы он заинтересовал большее число потенциальных инвесторов. Перечислим наиболее простые методы, апробированные в ряде стран, которые помогут сделать презентацию проекта запоминающейся.

Расскажите хорошую историю.

Алекс Будак, соучредитель портала Startsomegood, считает: «Главное, что нужно уметь для привлечения средств, — это рассказывать истории. Нужно убедительно и вдохновенно описать, чем занимается ваша компания и почему ее деятельность важна, чтобы и другие захотели стать частью вашего бизнеса». Необходимо дать понять потенциальным инвесторам, что у вашего проекта есть важная цель. Современный предприниматель должен быть готов потратить немного времени, чтобы снабдить свою историю видеоматериалами.

Заслужите доверие. Правдоподобность и доверие — краеугольные камни, на которых держится краудфандинг. Одним из способов обеспечить собственное спокойствие становится инвестирование в местные проекты. Чем ближе находится объект инвестиций, тем более уверенно себя чувствует инвестор, поскольку он всегда имеет возможность наведаться в компанию и пообщаться с руководством. Тот же принцип работает и в крауд-



фандинге. Следует быть максимально открытыми и прозрачными. Инвесторы должны видеть, что вы знаете, к чему стремитесь и что вам нечего скрывать.

Вознаграждения. Успех краудфандинга не в последнюю очередь зависит от продуманной системы вознаграждений, разработанной предпринимателем. Дело не столько в размере стимула, сколько в его необычности и привлекательности. Нужно предложить потенциальным инвесторам уникальное вознаграждение, которое они не смогут приобрести другим способом. Продюсеры короткометражных фильмов, собирающие средства на съемки через краудфандинговые порталы, к примеру, предлагают дать пользователям право назвать одного из героев фильма своим именем, если те вложили более 100 долларов. За более крупный вклад можно даже получить звание исполнительного продюсера.

Социальные сети. С их помощью предприниматели имеют возможность общаться с людьми, заинтересованными в поддержке их бизнеса, и получают ключ к пиару. Необходимо постоянно обновлять информацию о проекте, расширять число подписчиков, добавлять видео. Заявки с видеоматериалами привлекают на 125% больше денег, чем проекты без них. Дайте людям понять, что вы не топчетесь на месте, проект развивается — и они захотят вас поддержать.

НАИБОЛЕЕ ЗНАЧИМЫЕ ЗАРУБЕЖНЫЕ РЕСУРСЫ

1) Kickstarter.com — самый посещаемый сайт в этой категории. С его участием уже более миллиона человек произвели хотя бы по одной транзакции; сайт находится примерно на тысячном месте по посещаемости в мире — очень достойный показатель! Создатели ресурса утверждают, что они недавно вышли на оборот в \$100 млн в год, причем число пользователей и проектов продолжает расти экспоненциально. Здесь принят принцип «Все или ничего»: если проект

не собирает требуемой суммы, деньги возвращаются донорам. Еще один принцип — «Собираем деньги для проектов, а не для компаний», то есть на реализацию идей, после чего должен появиться продукт или сервис. Фокус ресурса — креативные проекты, в том числе в области транспорта, которые должны захватывать и заставлять людей испытывать положительные эмоции.

2) indiegogo.com — американский ресурс, который запустился даже раньше, чем kickstarter.com, провел уже кампании для 70 тысяч проектов. Здесь не ограничивают спектр проектов, не используют принцип «Все или ничего»: сколько собралось — столько и получи. Если вы недобрали намеченную сумму, веб-сервис удержит 9%, если собрали полностью — 4%. Для проведения платежей доноров используется PayPal (он берет свои 3%). Веб-сервис подходит для сбора средств и под неамериканские проекты: его география включает почти 200 стран, в том числе Россию. Одно из достоинств ресурса — возможность использования собственного алгоритма, который автоматически рассчитывает рейтинг проекта в зависимости от активности авторов и доноров, количества обновлений, информирующих о ходе реализации (у большинства конкурирующих ресурсов модерация проектов осуществляется «вручную»).

3) Ресурс causes.com в основном ориентирован на социально значимые проекты. Сайт — не только и не столько для финансирования, сколько для взаимодействия между людьми и включения их в социальные процессы. Но и стартапы с социальной направленностью здесь могут попытаться счастья. На ресурсе зарегистрировано 170 млн пользователей, пожертвовавших в общей сложности более \$40 млн на 500 тыс. «добрых дел» (cause (англ.) — дело, цель).

4) Сервис chipin.com позволяет разместить виджет на вашем собственном веб-сайте. Кто захочет — пришлет денег.

5) Отдельно выделим платформы, нацеленные на краудфандинг научных исследований. Например, ресурс iamscientist.com, который представля-

ет собой социальную сеть для ученых (база пользователей – 16 миллионов). В апреле 2012 года ресурс запустил первую краудфандинговую кампанию.

Можно упомянуть похожие ресурсы: petridish.org, fundageek.com, opengenius.org, scifundchallenge.org и microryza.com. У научного краудфандинга свои особенности: проекты представляют ученые, которые, за редким исключением, в принципе плохо умеют что-либо продавать. Поэтому большая часть проектов привлекает лишь по несколько сотен долларов. Хотя встречаются и исключения. Так, проект по исследованию новых видов муравьев на Мадагаскаре собрал с помощью ресурса petridish.org более \$10 тыс. Помогла хорошая видеопрезентация. Был использован и «мотиватор»: в честь бекера, пожертвовавшего сразу \$5 тыс., обещали назвать ранее неизвестный вид муравьев.

Кстати, основатель ресурса iamscientist.com – наш соотечественник Борис Шахнович, уехавший в США двадцать лет назад. Ученым, по его мнению, не столь важно «поднять» \$5–10 тыс. на исследование, сколько обзавестись в научном мире сотней–другой поддерживающих людей. Это ценный актив: кто-то из них, возможно, в дальнейшем напишет отзыв для получения гранта или окажет другую помощь.

В России краудфандинг коммерческих проектов с помощью веб-сервисов пока пребывает на стадии экспериментов, которые заканчиваются обычно сбором сравнительно небольших сумм. Стоит отметить платформы shareholder.ru и capitaller.ru, основанные платежной системой WebMoney, а также investbear.ru и B-generator.ru. На них предпринимателям все же иногда удается собрать сотни тысяч долларов в качестве инвестиций – в обмен на долю в компании. При этом приходится выполнять жесткие требования по отчетности: обещания компании «поделиться» образцами разрабатываемого продукта тут не проходят.

И тем не менее краудфандинговые платформы начинают появляться в Рунете. Можно отметить платформу для реализации идей и проектов startwithme.ru, которая стартовала в тестовом режиме в феврале 2012 года. Первый же вброс идеи за две недели привлек более двухсот сторонников и собрал свыше 64 тыс. руб. (при обозначенной цели в 30 тыс. руб.). Площадка предназначена для проектов четырех типов: «Творчество», «Сделать мир лучше», «Стартапы» и «Развлечения». Сейчас на ней размещены лишь немногие предложения, но организаторы говорят о десятках следующих, ожидающих правильного момента для публикации.

Еще один обнаруженный в Рунете краудфандинговый сайт – together.ru – «создан людьми, которым нравится делать хорошие дела». Отчасти это сообщество волонтеров, отчасти – краудфандинговая платформа. Удастся собрать до нескольких сотен тысяч рублей на проект. Правда, есть существенные ограничения: сайт работает только с организациями, в том числе транспортными, а не с отдельными людьми.

ИСТОЧНИКИ

1. Краудфандинг в России: выйти из долины смерти, 2012. <http://habrahabr.ru/post/143773/>. Доступ 16.12.2013.
2. Краудфандинг привлёк \$1,5 млрд в 2011 г. и может привлечь в два раза больше в 2012 г. <http://habrahabr.ru/company/darudar/blog/160159/>. Доступ 16.12.2013.
3. 10 советов по краудфандингу, 2012. <http://secretseo.ru/internet/10-sovetov-po-kraudfandingu>. Доступ 16.12.2013.
4. Новости рынка недвижимости. Вып. № 33 (764) от 17 сентября 2012 г. С. Вишняков «Толпа как инвестор, или Перспективы краудфандинга в России». <http://nrn.ru/nrnlive/389/26399/>. Доступ 16.12.2013.
5. <http://crowdsourcing.ru/article/five-non-monetary-benefits-crowdfunding/>. Доступ 16.12.2013.
6. Климов Дм. Краудфандинг, 2012. <http://i-business.ru/blogs/19616/>. Доступ 16.12.2013.
7. Краудфандинг для науки, 2012. <http://habrahabr.ru/company/planeta/blog/157577/>. Доступ 16.12.2013.
8. Лучшие стратегии успешного краудфандинга, 2012. <http://innovatika-saratov.ru/лучшие-стратегии-успешного-краудфандинга/>. Доступ 16.12.2013.
9. Краудфандинг – альтернативная идея инвестирования. http://bzzn.ru/article/Kraudfanding_alternativnaya_ideya_investirovaniya. Доступ 16.12.2013.
10. Краудфандинг в России, 2012. http://crowdfunding-russia.blogspot.ru/2012/06/blog-post_08.html#more. Доступ 16.12.2013.





CROWD FUNDING AS A STRATEGY OF INVESTMENT IN INNOVATION

Tegin, Vladilen A. – Ph.D. (Tech), associate professor of Kolomna Institute of Moscow State University of Mechanical Engineering (MAMI), Kolomna, Russia.

Usmanov, Boris F. – D. Sc. (Soc.Sc.), professor of Moscow University for the Humanities, Moscow, Russia.

ABSTRACT

Becoming one of the ways of voluntary financing of innovative projects through Internet networks, crowd funding gradually attracts Russian backers- people who invest private money to create new products, which are in demand by business and society. An investment pool has been formed, which is flexible in its interests and choice of creative ideas, which serves market demands and is capable of promoting the implementation of crowd funding campaigns in any sphere of life, including transport. Examples of such inclusiveness of target networking platforms, cited by the authors, and an overall assessment of established practice emphasize economic sense and undoubted business benefits of crowd funding. The investment strategy of corporations, as well as of representatives of small and medium business in Russia should make full use of new financial resources.

ENGLISH SUMMARY

Background. In recent years the popularity of a new method of projects financing – crowd funding grows. This is a relatively new process in business: developers attract «folk» investments to implement their ideas. They talk about them, show drawings or prototypes, and people who liked the proposed, send to the authors money, the amount of which they determine independently.

Objective. The objective of the authors is to investigate different aspects of crowd funding.

Methods. The authors use mainly descriptive method and analysis.

Results.

Voluntary alternative

Crowd funding is a collective cooperation of people who voluntarily share their resources, usually via the Internet, to support the efforts of other people or organizations. Financing with crowd funding scheme can serve different purposes, including assistance in launching research, initiatives of startup companies and small businesses. A fundraising should have a clear goal and understandable price to achieve it. Calculation of costs and progress of fundraising cannot remain closed for the public.

People, who pay, supporting the initiative, are called backers, less often – benefactors. This is a person who invests money in a not yet existing project and hopes to get later some kind of symbolic bonus: copy of a product for free or at a substantial discount, a copy of a product with a prize or exclusive material available only for backers. Such voluntary investors are co-founders of companies, they do not get stock. Due to the large amount of backers, even with small investments (from \$ 1 to \$ 100, and the most popular payments are \$ 20–25), companies collect funds for development and manufacturing of an innovative product. It may be different – game, book, movie, new or modified form of vehicle, tools or even opening of a public gym.

In crowd funding format there are following stages:

- Advertising and promotion.
- Market research.
- Contacts and partners.
- Pre-order and liabilities.

Successful advertising campaign leaves the authors of the project «face to face» with dozens or hundreds of

customers who have paid for the purchase and are eagerly waiting for a treasured parcel or release. (A strong motive – to bring the work to the end, no matter what it takes!) Going through a crowd funding technology, an inceptive entrepreneur acquires not only money, but also invaluable experience in production, promotion, sale and support of his goods (services). PR-agency or production centers help more effectively go through these stages. In English-speaking countries 10 useful tips of crowd funding are known.

1. To make a plan. It is necessary to start with a clear plan, including campaign objectives, its implementation strategy, budget and resources.

2. To form a working group. A team should include experts from outside (they will do the job before, during and after the campaign), and the founders, who will seek to develop their business.

3. To develop multimedia content for the popular channels. There are many ways to get people's attention: to take advantage of SEO-strategies, to use marketing e-mail campaigns, to publish posts on blogs, to upload videos.

4. To inspire customers. To tell them about the campaign, its objectives, to present all in a favorable light. People are interested in the new.

5. To prove to people that they can trust you. Crowd funding is a collective cooperation. To prove with your attitude to the job and with your actions, that you are worthy of trust. People, investing money, have a right to know what their money will be spent on.

6. Do not be afraid to experiment. It is necessary to use new techniques, to pay attention to the approbation of your creativity in social networks, to develop something unexpected (a new mode of transport!).

7. Do not be afraid of changes. Crowd funding is unpredictable. Even if a clear plan of action has been developed, it is impossible to predict how events will unfold, so it is necessary to prepare corrections, changes in the process of project's implementation.

8. To involve people who care about your work. Marketing techniques can help – actions in social networks, e-mail, public relations, public speaking.

9. To calculate budget. Funds should be sufficient to pay planned (and partly unplanned) actions during the campaign.

10. To be passionate about your work. Crowd funding campaign is usually short, but your reputation will stay with you forever.

Kind of a project, which is based on crowd funding, is an initiative of Rada Baburian (an expert in the field of aesthetic medicine, a pioneer in the field of health coaching) to support young people who need medical care. The process launched by him is without period of limitations and restrictions. Very many aspects depend on individual factors, it is a more emotional project pursuing humanitarian objectives, and more punctual (as opposed to state support), transparent and controllable. Publicity and public resonance to address such an initiative is the key to its implementation in each individual case within budget of charitable funds, personal loyalty and participation.

Another quite traditional project, where immediately volumes, amounts, program, participants were determined, was a photo project «200 Moments of the Battle of Borodino», which was based on

unambiguous criteria SMART (specific, measurable, assignable, realistic, time-bound) – quite clearly defined specification, measurability of success and implementation, meaningful and measurable indicators, realistic goals and certainty in the execution time.

Crowd funding platforms raised nearly \$ 1.5 billion in 2011, funding more than a million of projects. With existing trends this growing market doubled in 2012 and continues to evolve.

The market is divided into four types of crowd funding platforms:

– share: Donors receive a share in the projects or part of proceeds;

– loan: Donors receive income from their assets and expect their return;

– bonus: Donors receive nonfinancial benefits, projects often use campaigns for pre-sales;

– gratuitous: Donors do not expect anything in return, and have philanthropic motives.

To the surprise of bonus crowd funding supporters only 11% of the total were collected in these projects and 49% of the funds came gratis (despite the fact that 47% of platforms operate on a bonus basis and only 27% on a gratuitous basis).

It was found that in April 2012 there were 452 crowd funding platforms in the world. It was expected that their number would rise to the end of the year to 536. Most platforms are based in North America – 208 (191 – in the U.S.). In Europe, there were 139 platforms (44 – in the UK). At the same time 95% of funds raised in Europe, and 73% of funds raised in North America, were collected on the five most «widely promoted» platforms. Although the market is expanding rapidly (in terms of assets and number of platforms), the relation of paid funds to the promised funds reduces: in 2009 89% of the promised funds were paid, and in 2011 79%.

Five intangible benefits

Customers investing in crowd funding campaigns get an opportunity to feel their involvement in the implementation of an important project and to share the joy of manufacturers when their new products enter the market. There are five undeniable intangible benefits of such a crowd funding model.

1. Assessing the level of demand and reducing risks.

There is an idea to create a new product, but will it be in demand? And how much money will people be willing to spend to acquire it? After publication of a project on a crowd funding platform, it is possible to get answers to these questions from potential customers.

2. Checking marketing materials and preparation of an advertising campaign.

Crowd funding campaign is simultaneously an advertising campaign. Manufacturers can place on platforms in unlimited amounts information about their projects, including commercial clips, press reviews, etc. In the course of the campaign it can be determined what promotional materials work better and develop ways to promote products.

3. Trust and additional promotion.

Publication on a crowd funding platform inspires to the Internet users a particular confidence in the project, while providing an additional advertisement for startups. Many crowd funding resources offer an advertising support for their best projects (publication in social networks, newsletters, blogs, etc.).

4. Obtaining contact information, creating customer base.

Crowd funding provides an opportunity to communicate with the consumer audience, receiving priceless on the relevance and sincerity reviews about their products. In addition, after the advertising

campaign it is possible to get a list of e-mail addresses of investors that will enable to continue discussion of their products with consumers after receiving financing.

5. Strategic openness to new possibilities

Posting information about the project on the platform, a developer can secure the future of his business. Transparency of crowd funding forms a prerequisite to further development: investors appear who are ready to finance the company outside the project, as well as new business partners, press may be interested in the proposed idea.

The best strategies

The authors enumerate the simplest methods which have been tested in a number of countries that will make a memorable presentation of the project.

Tell a good story. Alex Budak, co-founder of the portal Startsomegood, said: «The main thing which should be done to raise funds through crowd sourcing – is an ability to tell stories. You should describe convincingly and enthusiastically what your company does and why its activity is so important in order that others want to become part of your business». You must make it clear to potential investors that your project has an important goal. A modern entrepreneur must be willing to spend a bit of time, to provide his story with videos.

Win confidence. Believability and confidence are the cornerstones on which crowd funding rests. One way to ensure your own peace of mind becomes investing in local projects. The closer an investment object is located, the more confident feels an investor, as he always has an opportunity to visit a company and to communicate with management. The same principle works in crowd funding. You should be open and transparent. Investors need to see that you know what you strive for and that you have nothing to hide.

Rewards. Success of crowd funding depends also on the system of rewards, which is developed by an entrepreneur. The matter is not so much in the size of the incentive, but in its unusualness and attractiveness. Potential investors should be offered a unique reward that they cannot purchase any other way. Producers of short films, collecting funds for shooting through crowd sourcing portals, for example, propose the users to give a name to one of the characters in the movie, if they have invested more than \$ 100. For a larger contribution it is possible to get even a title of executive co-producer.

Social networks. With their help, entrepreneurs are able to communicate with people interested in support for their business, and get the key to the PR. It is necessary to constantly update information about the project, to expand the number of subscribers, to add video. Applications with video attract 125% more money than projects without them. Let people know that you are not going around in a circle, the project is developing – and they will want to support you.

The most interesting foreign resources

1) Kickstarter.com – the most visited website in this category. With the use of this platform over one million people has made at least one transaction; the site is on about the thousandth place in traffic ranking in the world – a very decent rate! Resource creators claim that they have recently entered the turnover of \$ 100 million a year; the number of users and projects continues to grow exponentially. The principle, which works here «All or nothing», if the project does not collect the required amount, money is returned to donors. Another principle: «Collect money for projects, not for companies», i. e. for implementation of ideas, after which a product or a service should appear. Focus of the resource – creative projects, including in the field of transport, which should capture and make people feel positive emotions.



2) *indiegogo.com* – American resource that has started even before *kickstarter.com*, has already conducted campaigns for 70,000 projects. The range of projects is not limited, the principle «All or nothing» is not used: how many gathered – and win as much. If you did not collect the intended amount, the web service will keep 9%, if you collected a full amount – 4%. For payments of donors PayPal is used (it takes 3%). Web service is suitable for fundraising also for non-US projects: its geography includes nearly 200 countries, including Russia. One of advantages of the resource is the ability to use its own algorithm that automatically calculates the rating of the project depending on the activity of the authors and donors, the number of updates that inform on the implementation (at the most competing resources moderation of the projects is carried out «manually»).

3) *Resource causes.com* focuses mainly on social projects. This website is not only and not so much for funding, but for the interaction between people and their inclusion in social processes. But startups with a social focus can try luck here. There are 170 million registered users, who have donated all together more than \$40 million for 500 thousand «good causes».

4) *Service chipin.com* makes it possible to place a widget on your own website. Anybody who wants will send money.

5) There are platforms aimed at crowd funding of scientific research. For example, resource *iamscientist.com*, which is a social network for scientists (user base – 16 million). In April 2012, the resource launched the first crowd funding campaign.

Similar resources can be mentioned: *petridish.org*, *fundageek.com*, *opengenius.org*, *scifundchallenge.org* and *microrzya.com*. Scientific crowd funding has its own features: projects are presented by authors, who, with few exceptions, in principle are unable to sell anything. Therefore, most of the projects attract only several hundred dollars. Although there are exceptions. Thus, the research project of new ant species in Madagascar gathered through resource *petridish.org* more than 10000 \$; a good video presentation helped. «Motivator»

was used: it was promised to name a previously unknown species of ant after a backer, immediately donated 5000\$.

By the way, the founder of the resource *iamscientist.com* is our countryman Boris Shakhno, who moved to the United States twenty years ago. For scientists, in his opinion, it is not so important to «raise» \$5–10 thousand for a research, but to get fellows in the scientific world. This is a valuable asset: some of them may in the future write a review for a grant or other will assist in a different way.

Conclusions. In Russia crowd funding of commercial projects using web services is still in a phase of experimentation, which usually finish with collecting relatively small amounts. Platforms *shareholder.ru* and *capitaller.ru* should be mentioned, which have been founded by payment system *WebMoney*, as well as platforms *investbear.ru* and *B-generator.ru*. Using these platforms, entrepreneurs sometimes manage to gather hundreds of thousands of dollars as investment – in exchange for a share in the company. At the same time it is necessary to meet stringent reporting requirements: the promises of a company to «share» do not suit here.

Nevertheless crowd funding platforms begin to appear in RuNet. Platform for the implementation of ideas and projects *startwithme.ru* can be mentioned, which was launched in test mode in February 2012. The first introduction of an idea has attracted more than two hundred supporters and has gathered more than 64 thousand rubles for two weeks. (at the designated target of 30 thousand rubles.) This platform is designed for four types of projects: «Creativity», «Make the world better», «Startups' and «Entertainment». Now some offers are present on this resource, and organizers say that there are next ten offers waiting for the right moment to be published.

Another crowd funding website in RuNet is *together.ru* – «created by people who like to do good deeds». It is both community of volunteers and crowd funding platform. Sometimes it is possible to gather several hundred thousand rubles for a project. But there are significant limitations: this website works only with organizations, including transport, rather than individuals.

Keywords: investment, innovation projects, Internet networks, voluntary funding, crowd funding, business.

REFERENCES

1. Crowd funding in Russia: exit from the valley of death [*Kraudfanding v Rossii: vyjti iz doliny smerti*], 2012. <http://habrahabr.ru/post/143773/>. Last accessed 16.12.2013.
2. Crowd funding attracted \$ 1.5 billion in 2011 and can attract twice more in 2012 [*Kraudfanding privlek \$1,5 mlrd v 2011 g. i mozhet privlech' v dva raza bol'she v 2012 g.*] <http://habrahabr.ru/company/darudar/blog/160159/>. Last accessed 16.12.2013.
3. 10 tips for crowd funding [*10 sovetov po kraudfandingu*], 2012. <http://secret-seo.ru/internet/10-sovetov-po-kraudfandingu>. Last accessed 16.12.2013.
4. Vishnyakov S. Crowd as an investor or prospects of crowd funding development in Russia [*Tolpa kak investor, ili perspektivy kraudfandinga v Rossii*]. *Novosti rynka nedvizhimosti*. Iss.33, Vol. 764 of 17 September, 2012. <http://nrr.ru/nrnlive/389/26399/>. Last accessed 16.12.2013.

5. <http://crowdsourcing.ru/article/five-non-monetary-benefits-crowdfunding/>.
6. Klimov D. Crowd funding [*Kraudfanding*], 2012. <http://i-business.ru/blogs/19616/>. Last accessed 16.12.2013.
7. Crowd funding for science [*Kraudfanding dlya nauki*], 2012. <http://habrahabr.ru/company/planeta/blog/157577/>. Last accessed 16.12.2013.
8. The best strategies for successful crowd funding [*Luchshie strategii uspeshnogo kraudfandinga*], 2012. <http://innovatika-saratov.ru/luchshie-strategii-uspeshnogo-kraudfandinga/>. Last accessed 16.12.2013.
9. Crowd funding - alternative investment idea [*Kraudfanding – al'ternativnaya ideya investirovaniya*]. http://bzzn.ru/article/Kraudfanding_alternativnaya_ideya_investirovaniya. Last accessed 16.12.2013.
10. Crowd funding in Russia [*Kraudfanding v Rossii*], 2012. http://crowdfunding-russia.blogspot.ru/2012/06/blog-post_08.html#more. Last accessed 16.12.2013.

Координаты авторов (contact information): Тегин В.А. (Tegin, V.A.) – vladilent@mail.ru; Усманов Б.Ф. (Usmanov, B.F.) – +7(495) 374-5061.

Статья поступила в редакцию / article received 12.11.2013
Принята к публикации / article accepted 25.01.2014



Планирование развития дорожной сети на основе кластерного анализа



Константин КОМАРОВ
Constantine L. KOMAROV

Валерия ЗЫКОВА
Valeria Yu. ZYKOVA



Мария КУЗЬМИЦКАЯ
Maria A. KUZMITSKAYA

Комаров Константин Леонидович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Системный анализ и управление проектами» Сибирского государственного университета путей сообщения (СГУПС), Новосибирск, Россия. Зыкова Валерия Юрьевна – аспирант СГУПС, Новосибирск, Россия. Кузьмицкая Мария Андреевна – аспирант СГУПС, Новосибирск, Россия.

Объектом исследования является сложившаяся и перспективная дорожная сеть районов, входящих в состав Новосибирской агломерации. Методом кластерного анализа обеспечена объективная оценка дорожно-строительных объектов, их социально-экономической востребованности применительно к местным условиям и возможностям, предложена программа автоматизированного расчета устойчивых кластеров. В рамках планирования развития транспортных систем региона разработаны подходы к обоснованию очередности строительства автомобильных дорог и дорожных сооружений общего пользования регионального и межмуниципального значения с учетом общественно значимых экономических эффектов.

Ключевые слова: транспорт, регион, кластерный анализ, иерархический кластерный анализ, автомобильные дороги, дорожно-транспортная сеть, планирование развития.

Слабая развитость дорожной сети сдерживает развитие экономики российских регионов. В целом дороги вместе с используемыми транспортными средствами приносят своим территориям значительную экономическую и социальную выгоду. Опыт многих стран показывает, как, в частности, сельские дороги выполняют роль катализатора в сельскохозяйственном развитии регионов, а допустим, китайская практика прекрасно подтверждает зависимости внутри-агломерационных экономических результатов от уровня имеющегося транспортного потенциала. Между тем, до сих пор около тридцати девяти тысяч населенных пунктов в РФ лишены надежных дорожных связей с районными центрами. В результате жители не получают полноценную медицинскую помощь и другие социальные услуги. При этом, естественно, неразвитость автомобильных дорог увеличивает размеры упущенной экономической выгоды сельхозтоваропроизводителей и снижает инвестиционную активность в регионах.

ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ

Ежегодно при разработке и утверждении бюджета Новосибирской области, как



Рис. 1.
Новосибирская агломерация.

и других субъектов федерации, особое внимание уделяется статьям «Дорожный фонд» или «Дорожное строительство». Это объясняется общей слабой обеспеченностью автомобильными дорогами территории страны (в области она — 56,5 км на 1000 км²).

На данный момент в строительство новых дорог, их содержание, а также разработку связанных с этим современных технологий для улучшения ситуации в регионе необходимо ежегодно вкладывать не менее 30 миллиардов рублей. В 2012 году на ремонт и строительство автомобильных дорог в области было потрачено 10,3 миллиарда рублей, а в 2013 году — почти 12 миллиардов. Однако насколько эффективна отдача от вложений и каким образом оптимизировать затрачиваемые усилия — здесь не все столь ясно и определено.

План реконструкции и строительства автодорог и дорожных сооружений составляется, как правило, на основе профессионального опыта и политической целесообразности. При этом зачастую ожидаемые эффекты, в том числе социальные, от строительства новых дорожных комплексов не достигаются.

Поскольку каждый район и каждое поселение имеют свои интересы и соответствующие предложения, которые чаще

всего не укладываются в объемы утвержденных статей бюджета, актуальной для сохранения приемлемого баланса местных и общерегиональных потребностей становится разработка рекомендаций по планированию и очередности строительства автомобильных дорог и дорожных сооружений областного и межмуниципального значения. Эта задача решалась в ходе нашего исследования на примере районов, входящих в состав Новосибирской агломерации, на базе кластерного анализа и объективной оценки социальной эффективности каждого проекта:

1) Проанализированы существующие дорожно-транспортные сети (ДТС) (рис. 1).

2) Использован кластерный подход к планированию развития дорожно-транспортной сети для разных условий и возможностей.

3) Разработана программа автоматизированного расчета устойчивых кластеров как районов с повышением транспортной доступности для жителей, проживающих в местности, выделенной соответствующим кластером.

4) Предложен метод расчета социальной эффективности реализуемых объектов с учетом количества жителей, улучшающих условия транспортной доступности, на единицу инвестиций.





	Седовозаимка	Бибиха	Зелёный мыс	Кубовая	Сосновка (Новосибирск)	Степной	Красный яр (Новосибирск)	Ломовская дача	Мочище	Воробьёвский	Кудряшёвский	Приобский
Седовозаимка	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Бибиха	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Зелёный мыс	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Кубовая	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Сосновка (Новосибирск)	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
Степной	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
Красный яр (Новосибирск)	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Ломовская дача	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
Мочище	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Воробьёвский	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Кудряшёвский	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Приобский	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Рис. 2. Фрагмент матрицы взаимодействия населенных пунктов Новосибирского района.

Кластерный анализ – совокупность математических методов, предназначенных для формирования относительно «отдаленных» друг от друга групп «близких» между собой объектов по информации о расстояниях или связях (мерах близости) между ними [2]. В нашем случае это группы населенных пунктов (ДТС), наиболее активно участвующие в транспортном взаимодействии.

Методы кластерного анализа позволяют проводить классификацию объектов с учетом признаков, отражающих сущность, природу объектов; проверять выдвигаемые предположения о наличии некоторой структуры в изучаемой совокупности объектов; выстраивать новые классификации для слабоизученных явлений, когда необходимо установить наличие связей, в данном случае транспортных, внутри совокупности населенных пунктов [1].

ФОРМАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДТС

В качестве исходных данных, взятых за основу, использованы утвержденный перечень объектов строительства автомобильных дорог и дорожных сооружений регионального и межмуниципального значения и административная карта Новосибирской области (масштаб 1:600000).

Административная карта отражает схему районов и дорожно-транспортной сети, а также графическую информацию по рассматриваемой проблеме. На этапе формализации исходных данных ДТС была представлена упрощенной системой узлов (населенных пунктов) и связей между ними

в виде федеральных трасс, проезжих частей дорог, магистралей, мостов и так далее.

Дорожно-транспортная сеть районов, входящих в состав агломерации, включает 411 существующих узлов.

На следующем этапе формализации исходных данных авторами получены бинарные матрицы для каждого района, являющиеся матрицами взаимодействия населенных пунктов ДТС. При их составлении соблюдались следующие принципы:

- число строк равно числу столбцов и, соответственно, числу узлов ДТС;
- пересечение узла «с самим собой» принимается равным «1»;

- наличие прямой связи между i и j узлами подразумевает «1» на пересечении i -столбца с j -строкой;

- отсутствие прямой связи между узлами подразумевает «0» (рис. 2).

Далее, при переходе к ситуации, связанной с введением в эксплуатацию новых автомобильных дорог или дорожных сооружений, ДТС видоизменяется:

- добавляется соответствующее число связей, возникающих с появлением той или иной дороги или сооружения (графически это отражается изменением расположения кластера);
- нейтрализуются существующие связи между узлами, если при появлении автодороги или нового сооружения образовался узел между двумя уже существовавшими ранее.

Построение матриц вслед за вносимыми в таблицу смежности изменениями, ведется от исходной матрицы посредством:

- изменения количественных параметров (размерности матриц);
- изменения качественной (содержательной) составляющей, отражающей свойства структуры новой матрицы по отношению к исходному содержанию.

Таким образом, рассмотренный процесс формального представления дорожно-транспортной сети районов, входящих в агломерацию и бинарные матрицы смежности ДТС позволяют получить все необходимые исходные данные для анализа проблемы.

Таким образом, рассмотренный процесс формального представления дорожно-транспортной сети районов, входящих в агломерацию и бинарные матрицы смежности ДТС позволяют получить все необходимые исходные данные для анализа проблемы.

ФОРМАЛЬНЫЙ АППАРАТ АНАЛИЗА

В качестве формального аппарата был выбран метод кластерного анализа по следующим мотивам:

1) Возможность обработки больших баз данных с помощью программного комплекса.

2) Естественное разбиение совокупности ДТС на области скопления объектов (кластеров).

3) Представление исходных данных в виде матрицы смежности.

4) Получение возможности анализировать группы данных и делать самостоятельные выводы в зависимости от поставленной задачи.

До сих пор отсутствуют какие-либо общепризнанные методики идентификации кластеров, тем не менее, в последнее время кластерный анализ получил достаточное признание [4], и нет оснований сомневаться в его действенности.

ПРОГРАММНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

В качестве статистического пакета для проведения необходимого анализа был выбран вариант для социальных наук — Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

Основным достоинством этого программного комплекса является то обстоятельство, что он удачно сочетается с большим количеством средств визуализации результатов обработки.

Для того чтобы выделить истинные кластеры, надо проанализировать полученные данные на «устойчивость», тем самым выявив локальные транспортные кластеры, предрасположенные к объединению в цельный кластер ранее других.

Исходными для программы SPSS в нашем случае стали матрицы смежности графа дорожно-транспортной сети районов, входящих в состав агломерации, в формате MS Excel.

В результате обработки каждой из матриц программой SPSS получены таблицы принадлежности отдельных населенных пунктов к различным кластерам (Cluster Membership).

Особенностью исследования стало то, что оценивалось «поведение» узлов в постоянно уменьшающемся числе кластеров от десяти до двух. Таким образом, из таблиц принадлежности видно, что одно и то же количество узлов, изначально разделенное на десять кластеров, поэтапно объединя-

ясь, приходит к двум крупным кластерам. В ходе разрушения исходных кластеров по мере развития ДТС частично образуются новые — укрупненные.

Диаграммы устойчивости кластеров (таблица 1) позволяют определить «жизненные циклы» каждой из первоначальной совокупности узлов до их укрупнения, выделяя таким образом наиболее устойчивые. Для наглядности каждому кластеру присвоен порядковый номер от одного до десяти. «Жизненные циклы» соответственно составляют от одного (наименее устойчивый) до десяти (наиболее устойчивый) этапов. С правой стороны диаграммы имеются четыре дополнительных столбца:

- «Выносятся на график»;
- «Число узлов в кластере (1)»;
- «Число узлов в кластере (2)»;
- «№№ узлов, входящих в кластер».

Первый столбец показывает наиболее устойчивые кластеры (в порядке возрастания устойчивости от пяти до одного) и их порядковые номера (по номеру строки), которые выносятся на схему ДТС.

Столбец «Число узлов в кластере (1)» характеризует общее число узлов в каждом кластере (при разбивке на десять кластеров) — в частности, суммированием по столбцу выполняется проверка (число узлов в диаграмме должно совпадать с числом строк и столбцов в матрице).

Столбец «Число узлов в кластере (2)» отражает число узлов в кластерах, отобранных по критерию устойчивости и вынесенных на схему, а суммированием числа узлов по данному столбцу получаем первичный критерий оценки очередности строительства автомобильных дорог в районах Новосибирской агломерации. Имеется в виду охват определенных населенных пунктов наиболее устойчивыми кластерами. Именно по этому критерию производятся первичная оценка и сравнение конкурирующих вариантов. Предпочтительной с точки зрения данной методики является та автодорога, при которой пять наиболее устойчивых кластеров охватывают наибольшее число узлов (населенных пунктов).

Четвертый столбец «№№ узлов, входящих в кластер» помогает выявить и нанести на схему кластеры по номерам узлов, входящих в него.



Таблица 1

Пример диаграммы устойчивости кластеров ДТС Новосибирского района

10	9	8	7	6	5	4	3	2	Выносятся на график	Число узлов в кластере (1)	Число узлов в кластере (2)	№№ узлов, входящих в кластер
1	1	*9								35		
2	2	2	2	2	2	*1			3	4	4	5,6,8,40
3	3	3	3	3	*1				4	4	4	7,9,41,42
4	*5									4		
5	*4									4		
6	6	6	*1							5		
7	7	7	7	*1					5	6	6	43,44,61,62,64,65
8	8	8	8	8	8	8	8	8	1	1	1	47
9	9	*1								3		
10	10	10	10	10	10	10	*1		2	5	5	58,59,60,63,66
<i>Итого охват</i>										71	20	

Таким образом, программно-аналитический комплекс SPSS позволяет обработать исходные данные методом иерархического кластерного анализа и интерпретировать полученные результаты в виде выводов для первичной оценки очередности строительства автомобильных дорог регионального и межмуниципального значения.

ОБОСНОВАНИЕ ОЧЕРЕДНОСТИ

На основе анализа полученных диаграмм устойчивости были выявлены пять наиболее устойчивых кластеров по графу каждого из районов. После чего получена количественная первичная оценка очередности строительства автодорог и дорожных сооружений по принципу максимальной устойчивости системы.

В Новосибирском районе согласно перспективному плану строительства проанализирована эффективность четырех объектов:

1. Подъездные дороги к промышленно-логистическому парку (ПЛП).
2. Автомагистраль Барышево—Орловка—Кольцово, располагающая автодорожным тоннелем, совмещенным с железной дорогой.
3. Транспортная развязка и подъездные пути к выставочному комплексу «Сибирь Экспоцентр».
4. Автомобильная дорога от с. Криводановка до Северного обхода г. Новосибирска.

На основании проведенного анализа первичная эффективность автодорог подверглась сравнительной оценке за счет количества охваченных узлов (населенных пунктов) пятью наиболее устойчивыми кластерами.

Чтобы определить оптимальную очередность плана реализации дорожно-строитель-

ных работ, авторами введен социальный коэффициент ($K_{соц}$).

С его участием оценивается социальная эффективность проектов на основе количества жителей, улучшающих условия транспортной доступности, и подушевого расхода инвестиций:

$$K_{соц} = K_{пр} / C \cdot 10^3, \tag{1}$$

где $K_{пр}$ – количество проживающих жителей в кластере (чел.); C – стоимость проекта (млн руб.).

Сообразно полученным данным разработана следующая очередность строительства в Новосибирском районе:

- 1) Подъездные автомобильные дороги к промышленно-логистическому парку.
- 2) Автодорога от с. Криводановка до Северного обхода г. Новосибирска.
- 3) Транспортная развязка и подъездные пути к выставочному комплексу «Сибирь Экспоцентр».
- 4) Проект автодороги «Барышево—Орловка—Кольцово с автодорожным тоннелем с железной дорогой».

В Искитимском районе согласно перспективному плану строительства автодорог и дорожных сооружений проанализирована эффективность четырех объектов:

- 1) Автомобильная дорога Гусельниково—Линево.
- 2) Мостовой переход через р. Каракан на 55-м км дороги Завъялово—Факел Революции.
- 3) Автодорога и мостовой переход через р. Ик на дороге Верх-Ики—Новососедово.
- 4) Автодорога Н-0809—Харино.

По итогам анализа первый кластер охватил 25 населенных пунктов, второй – 22, третий – 22, четвертый – 19.

**Показатели социальной эффективности объектов дорожного строительства
в Новосибирской агломерации в 2014 году**

Районы, в которых реализуется проект	Название дорожно-строительного проекта	Стоимость проекта (млн руб.)	Количество проживающих жителей в кластере (млн чел.)	$K_{\text{соц}}$ (млн чел./млн руб.) · 10 ³	Рекомендуемая очередность плана реализации дорожно-строительных работ
Новосибирский район	А/д Барышево–Орловка–Кольцово с автодорожным тоннелем с железной дорогой	775	1,550030	2,00	4
	Подъездные автомобильные дороги в промышленно-логистическом парке Новосибирского района	187	1,526959	8,17	1
	Транспортная развязка и подъездные пути к выставочному комплексу «Сибирь Экспо-центр»	400	1,538621	3,85	3
	А/д от с. Криводановка до Северного обхода г. Новосибирска	285	1,530180	5,37	2
Искитимский район	А/д Гусельниково–Линёво	280	0,077552	0,28	4
	Мостовой переход ч/р Каракан на 55-м км дороги Завьялово–Факел Революции»	75	0,073705	0,98	2
	А/д и мостовой переход ч/р Ик на дороге Верх-Ики–Новососедово	70,639	0,073705	1,04	1
	А/д Н-0809 – Харино	95	0,074318	0,78	3
Ордынский район	Трасса 118-й км а/д К-17р – Камень-на-Оби на участке Кирза – граница Алтайского края	1531,153	0,027762	0,018	2
	Обход р. п. Ордынское	435	0,028725	0,066	1

На основании полученных данных в этом районе предлагается следующая очередность строительства:

- 1) Автодорога и мостовой переход через р. Ик.
- 2) Мостовой переход через р. Каракан.
- 3) Автодорога Н-0809–Харино.
- 4) Автодорога Гусельниково–Линево.

В Ордынском районе тем же методом проанализирована эффективность двух объектов строительства:

- 1) Трасса 118-й км автодороги К-17р – Камень-на-Оби на участке Кирза – граница Алтайского края;
- 2) Обход районного поселка Ордынское.

По итогам анализа к первому кластеру отнесен 21 населенный пункт, ко второму – 18.

Оценка полученной совокупности данных закрепила приоритет в очередности за обходной дорогой поселка Ордынское, а второму объекту придется подождать.

Расчетные показатели социальной эффективности объектов дорожного строительства в 2014 году представлены в таблице 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По мнению авторов, подход, разработанный к рекомендациям по очередности строительства автомобильных дорог, и полученные в процессе кластерного анализа результаты могут служить подтверждением

объективности метода сравнения конкурирующих транспортных проектов и способствовать формализации процедур при подготовке комплексного управленческого решения.

Исходные данные для исследования предоставлены министерством транспорта Новосибирской области, а его результаты одобрены руководством ведомства и областной администрацией, депутатами Законодательного собрания субъекта федерации. И с этой точки зрения предложенные инструменты планирования и анализа можно считать прошедшими достаточно начальную адаптацию и проверку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лабозкий В. В. Управление знаниями. – М.: Современная школа, 2006. – 392 с.
2. Новорожкина Л. И., Арженовский С. В. Многомерные статистические методы в экономике // Учебник. – М.: Дашков и К^o; Ростов н/Д: Наука-Спектр, 2007–224 с.
3. Сбитнев А. Е. Концептуальные проблемы определения общественной эффективности инвестиционных проектов в дорожном строительстве // Проблемы современной экономики. – 2011. – № 2. – С. 280–283.
4. Пятаев М. В. Оценка эффективности формирования региональных транспортно-логистических кластеров (на примере Новосибирской области) / Дис... канд. экон. наук. – Новосибирск, 2010. – 179 с.
5. Мاستилин А. Е. Системообразующие элементы транспортной системы мегаполиса // Регион: экономика и социология. – 2008. – № 4. – С. 265–272. ●





PLANNING OF DEVELOPMENT OF ROAD NETWORK BASED ON CLUSTER ANALYSIS

Komarov, Constantine L. – D. Sc. (Tech), professor, head of the department of system analysis and project management of Siberian State University of Railway Engineering (STU), Novosibirsk, Russia.

Zykova, Valeria Yu. – Ph.D. student of Siberian State University of Railway Engineering (STU), Novosibirsk, Russia.

Kuzmitskaya, Maria A. – Ph.D. student of Siberian State University of Railway Engineering (STU), Novosibirsk, Russia.

ABSTRACT

The object of research is existing and promising road network of areas that are parts of Novosibirsk agglomeration. Method of cluster analysis provides an objective assessment of road construction projects, their socio-economic relevance to local conditions and opportunities. A program of automated calculation of stable clusters is offered. Within the planning of transport systems development in the region approaches are developed to justify priority construction of roads and road structures of public service of regional and intermunicipal significance with account of socially significant economic effects.

ENGLISH SUMMARY

Background. Weak development of the road network constrains economic development of Russian regions. In general, roads together with vehicles bring to their territories significant economic and social benefits. Experience of many countries shows in particular, how a developed network of rural roads acts as a catalyst for the development of agricultural regions. For instance Chinese practice perfectly confirms dependencies of economic results within the agglomeration on available transport capacity. Meanwhile still about thirty nine thousand settlements in Russia do not have reliable road links with regional centers. As a result, people do not receive full health care and other social services. In these circumstances underdevelopment of roads increases loss of economic benefits of agricultural producers and reduces investment activity in the regions.

Objective. The objective of the authors is to conduct a study of construction priority related to construction of roads and road facilities in Novosibirsk region with the help of cluster analysis method.

Methods. The authors used cluster analysis, mathematical calculations and comparative method.

Results.

Approaches to the problem

Every year during the development and approval of the budget of Novosibirsk region, as well as of subjects of the federation, particular attention is paid to items «Road fund» or «Road construction». This is explained by the weak overall availability of roads in the country (in Novosibirsk region it is of 56,5 km per 1000 km²).

Currently not less than 30 billion rubles should be invested annually in the construction of new roads, their maintenance, and development of related advanced technologies to improve the situation in the region. In 2012 10, 3 billion rubles were spent on repair and construction of roads in the region, in 2013 – almost 12 billion. But answers to the questions: how effective is the return on investment and how to optimize efforts are not so clear and definite.

Plan for reconstruction and construction of roads is usually based on professional experience and political expediency. In this regard expected effects,

including social ones, from construction of new road complexes are not achieved.

Since each district and each settlement has its own interests and proposals, which often do not fit into the approved budget items, it is relevant for maintenance of acceptable balance of local and region-wide needs to develop recommendations for planning and prioritization of construction of roads and road structures of regional and inter-municipal significance. This problem was solved in the course of studies, conducted by the authors, in the areas included in Novosibirsk agglomeration based on cluster analysis and objective assessment of social effectiveness of each project:

1) Existing traffic networks (hereinafter-TN) (Pic. 1) were analyzed.

2) Cluster approach to development planning of road network for different conditions and opportunities was used.

3) A program for automated analysis of stable clusters as areas with increased transport availability for residents living in the area allocated to the respective cluster was developed.

4) A method of calculating social effectiveness with regard to the number of residents, improving conditions of transport availability per unit of investment was proposed.

Cluster analysis is a set of mathematical methods designed to generate groups of remote objects which are relatively close to each other via criteria of distance or relations (proximity measures) between them [2]. In our case, it is a group of settlements (TN), most involved in transport interaction.

Cluster analysis method enables to classify objects using attributes that reflect essence, nature of the objects; to check presuppositions about the existence of some structure in the target group of objects; to build new classification for poorly studied phenomena when it is necessary to establish relationships, notably in that very case of transport links, within the set of settlements [1].

Formal representation of TN

As input data, taken as a basis, an approved list of construction of roads and road structures of regional and inter-municipal significance and administrative map of Novosibirsk region (scale 1:600000) were used.

Administrative map shows an overview of areas and road network, as well as graphical information on the problem. At the stage of formalization of the input data TN was shown as a simplified system of nodes (settlements) and the connections between them in the form of federal highways, roadways, highways, bridges and so on.

Traffic network of areas included in agglomeration, comprises 411 existing nodes.

At the next stage of formalizing of the input data the authors obtained binary matrices for each region, which are the interaction matrices of TN settlements. When drafting them the following principles were met:



■ Areas, fully included in Novosibirsk agglomeration.

▨ Areas, partly included in Novosibirsk agglomeration.

Pic. 1. Novosibirsk agglomeration.

- The number of rows equals the number of columns and, accordingly, the number of nodes of TN;
- Intersection of node «with itself» is taken equal to «1»;
- A direct link between nodes i and j implies «1» at the intersection of i -column with j -row;
- The lack of direct link between nodes implies «0» (Pic. 2).

Then, with transition to the situation related to commissioning of new roads or road structures, TN changes:

- Appropriate number of links that arise with the introduction of a particular road or structure is added (this is reflected graphically with change in location of the cluster);

- Existing links are neutralized between nodes, if following the emergence of a new road or a new structure a new node is formed between two already existed nodes.

Construction of matrices after insertion of changes in the adjacency table is conducted on the basis of the original matrix by:

- Changes in quantitative parameters (dimensions of the matrices);
- Changes in qualitative (substantial) component, reflecting structural properties of a new matrix with respect to initial content.

Thus, this process is a formal representation of the traffic network of areas included in the agglomeration and binary adjacency matrices of TN make it possible to obtain all necessary input data for problem analysis.

Formal technique of analysis

Cluster analysis method was selected as the formal technique for following reasons:

- 1) Ability to process large databases using software package.
- 2) The natural decomposition of TN aggregate on congestion areas of objects (clusters).
- 3) Submission of initial data in the form of adjacency matrix.
- 4) Ability to analyze data sets and make own conclusions, depending on the task.

	Sedovozaimka	Bibikha	Zeleniy mys	Kubovaya	Sosnovka	Stepnoy	Krasniy yar	Lomovskaya dacha	Mochishche	Vorobievskiy	Kudryashevskiy	Priobskiy
Sedovozaimka	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bibikha	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zeleniy mys	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Kubovaya	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Sosnovka	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
Stepnoy	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
Krasniy yar	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Lomovskaya dacha	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
Mochishche	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Vorobievskiy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Kudryashevskiy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Priobskiy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Pic. 2. Fragment of interaction matrix of Novosibirsk region settlements.

There are still no generally accepted methods of identification of clusters, however, recently a cluster analysis has received sufficient recognition [4], and there is no reason to doubt its validity.

Software-analytical complex

Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) was selected as statistical package to conduct necessary analysis.

The main advantage of this software is the fact that it is successfully combined with a large number of visualization tools of processing results.

In order to highlight the true clusters, it is necessary to verify the sustainability of data, thereby identifying local transport clusters predisposed to unite in a solid cluster earlier than others.

Adjacency matrices of the graph of TN of areas that are included in the agglomeration, in the format of MS Excel, served as a source for the SPSS program.



Table 1

Example of stability diagram of clusters of TN of Novosibirsk region

10	9	8	7	6	5	4	3	2	Brought to the scheme	Number of nodes in the cluster (1)	Number of nodes in the cluster (2)	№№ of nodes in the cluster
1	1	*9								35		
2	2	2	2	2	2	*1			3	4	4	5,6,8,40
3	3	3	3	3	*1				4	4	4	7,9,41,42
4	*5									4		
5	*4									4		
6	6	6	*1							5		
7	7	7	7	*1					5	6	6	43,44,61,62,64,65
8	8	8	8	8	8	8	8	8	1	1	1	47
9	9	*1								3		
10	10	10	10	10	10	10	*1		2	5	5	58,59,60,63,66
Total coverage										71	20	

As a result of the processing of each of the matrices by SPSS the researchers got the tables showing the appurtenance of separate settlements to different clusters (Cluster Membership).

Particularity of the study was that «behavior» of nodes was evaluated in the constantly diminishing number of clusters from ten to two. Thus, affiliation tables show that the same number of nodes initially divided into ten clusters, gradually combining, reduces to two large clusters. During the destruction of initial clusters along with the development of TN new enlarged clusters are partially formed.

Stability diagrams of clusters (Table 1) allow to determine «life cycles» of each of the original aggregate of nodes prior to their enlargement, highlighting in such a way the most stable ones. For clarity, each cluster gets a serial number from one to ten. «Life cycles», respectively range from one (least stable) to ten (most stable) phases. On the right side of the diagram, there are four additional columns:

- «Brought to the graph»;
- «Number of nodes in the cluster (1)»;
- «Number of nodes in the cluster (2)»;
- «№ № of nodes in the cluster».

The first column shows the most stable clusters (in order of increasing stability from five to one) and their serial numbers (the row number) to be further incorporated into TN scheme.

The column «Number of nodes in the cluster (1)» describes the total number of nodes in each cluster (when broken down into ten clusters). In particular this can be used for cheking operation (the number of nodes in the diagram must match the number of rows and columns in the matrix).

The column «Number of nodes in the cluster (2)» refers to the number of nodes in the clusters selected by the stability criterion and brought to the diagram. By summing the number of nodes in this column we obtain primary criterion for evaluating the priority of road construction in areas of Novosibirsk agglomeration. This refers to the coverage of certain localities with the most stable clusters. Using this criterion an initial evaluation and comparison of competing options are produced. In terms of this technique the most preferable highway is that, where five most stable clusters cover the largest number of nodes (settlements).

The fourth column «№ № of nodes in the cluster» helps to identify and add to the scheme clusters by numbers of nodes, included in it.

Thus, software and analytical complex SPSS enables to process input data by hierarchical cluster analysis method and interpret the results in the

form of conclusions for initial evaluation of priority of road construction of regional and intermunicipal significance.

Justification of priority

On the basis of analysis of the stability diagrams five most stable clusters have been identified from the graph of each of the areas. After that, we obtain a quantitative initial assessment of priority of the construction of roads and road facilities following the principle of maximum system stability.

In Novosibirsk region according to long-term building plan the effectiveness of four objects was analyzed:

1. Approach roads to the industrial and logistics park (ILP).
2. Highway Baryshevo-Orlovka- Koltsovo, with its road tunnel, combined with the railroad.
3. Transport junction and approach roads to the exhibition complex «Expocentre of Siberia».
4. Road from Krivodanovka to Northern Bypass of Novosibirsk.

Based on the analysis primary effectiveness of roads was subject to a comparative assessment of the number of nodes (settlements) englobed by five most stable clusters.

To determine the optimal sequence of the implementation plan of road construction works, the authors introduced a social coefficient ($K_{\text{соц}}$).

With its use social efficiency of projects is estimated based on the number of residents, who will consequently improve their mobility, and per capita consumption of investments:

$$K_{\text{соц}} = K_{\text{np}} / C \cdot 10^3 \tag{1}$$

where K_{np} is a number of residents living in the cluster (person); C – cost of the project (mln rub).

According to the data obtained the following order of construction priority in Novosibirsk region was developed:

- 1) Approach roads to the industrial and logistics park.
- 2) Road from Krivodanovka to Northern Bypass of Novosibirsk.
- 3) Transport junction and approach roads to the exhibition complex «Expocentre of Siberia».
- 4) Project of a highway «Baryshevo-Orlovka- Koltsovo, with road tunnel with the railroad».

In Iskitimsky area under long-term plan for construction of roads and road facilities the effectiveness of four objects was analyzed:

- 1) Road Guselnikovo – Linevo.
- 2) Bridge crossing over the river Karacan at 55 km of road Zavyalovo – Fakel Revolutsii.

Table 2

Indicators of social efficiency of road construction in Novosibirsk agglomeration in 2014

Areas where the project is being implemented	Name of the road-building project	Cost of the project (million rubles).	Number of residents living in the cluster (million people).	K _{con} (million people/ million rubles) · 10 ³	Recommended sequence of the implementation plan of road construction works
Novosibirsk area	Highway Baryshevo-Orlovka- Koltsovo, with its road tunnel, combined with the railroad	775	1,550030	2,00	4
	Approach roads to the industrial and logistics park of Novosibirsk area	187	1,526959	8,17	1
	Transport junction and approach roads to the exhibition complex «Exposcentre of Siberia»	400	1,538621	3,85	3
	Highway from Krivodanovka to Northern Bypass of Novosibirsk	285	1,530180	5,37	2
Iskitimskiy area	Highway Guselnikovo-Linevo	280	0,077552	0,28	4
	Bridge crossing over the river Karacan at 55 km of road Zavyalovo – Fakel Revolutsii	75	0,073705	0,98	2
	Highway and bridge crossing over the river Eek on the road Verkh-Eeki- Novososedovo	70,639	0,073705	1,04	1
	Highway N-0809-Kharino	95	0,074318	0,78	3
Ordynskiy area	Route 118 km of highway K-17p – Kamen-na-Obi at the site Kirza – the border of Altai Territory	1531,153	0,027762	0,018	2
	Bypass near regional village Ordynskoe	435	0,028725	0,066	1

3) Highway and bridge crossing over the river Eek on the road Verkh-Eeki- Novososedovo.

4) Highway N-0809-Kharino.

According to the results of analysis the first cluster covered 25 settlements, the second – 22, the third – 22, and the fourth – 19.

Based on the findings in this area the following sequence of construction is proposed:

1) Highway and bridge crossing over the river Eek.

2) Bridge crossing over the river Karacan.

3) Highway N-0809-Kharino.

4) Highway Guselnikovo-Linevo.

In Ordynskiy area the effectiveness of two construction projects was analyzed by the same method:

1) Route 118 km of highway K-17p – Kamen-na-Obi at the site Kirza – the border of Altai Territory;

2) Bypass near regional village Ordynskoe

According to the results of the analysis the first cluster comprised 21 localities, the second 18.

Assessment of obtained data set gave the priority for the bypass road of Ordynskoe settlement and the second object would have to wait.

Estimates of the social efficiency of road construction in 2014 are presented in Table 2.

Conclusions. According to the authors, recommendations concerning choice of priority construction of highways, and results obtained in the course of cluster analysis may serve as confirmation of objectivity of method of comparing competing transport projects and may promote the formalization of procedures for the preparation of integrated management solutions.

Input data for the study were provided by Ministry of Transport of Novosibirsk region and the study results were approved by this ministerial body and regional administration, members of the Legislative Assembly of Novosibirsk region. Therefore the proposed planning and analysis tools can be considered as initially adapted and validated.

Keywords: transport, region, cluster analysis, hierarchical cluster analysis, roads, road network, development planning.

REFERENCES

1. Labotskiy, V. V. Knowledge management [Upravlenie znaniyami]. Minsk, Sovremennaya shkola publ., 2006, 392 p.

2. Novorozhkina, L. I., Arzhenovskiy, S. V. Multivariate statistical methods in economics. Textbook [Mnogomernye statisticheskie metody v ekonomike]. Moscow, Dashkov i C^o publ., Rostov-on-Don, Nauka-Spektr publ., 2007, 224 p.

3. Sbitnev, A. E. Conceptual problems of defining social efficiency of investment projects in road construction [Konseptual'nye problemy opredeleniya obschestvennoy effektivnosti investitsionnykh projektov v dorozhnom

stroitel'stve]. Problemy sovremennoy ekonomiki, 2011, No.2, pp.280–283.

4. Pyataev, M. V. Evaluating the effectiveness of the formation of regional transport and logistics clusters (at example of Novosibirsk Region). Ph.D. thesis [Otsenka effektivnosti formirovaniya regional'nykh transportno-logisticheskikh klasterov (na primere Novosibirskoy oblasti). Dis... kand. ekon. nauk.]. Novosibirsk, 2010, 179 p.

5. Mastilin, A. E. Backbone transport system components of a metropolitan city [Sistemoobrazuyuschie elementy transportnoy sistemy megapolisa]. Region: ekonomika i sotsiologiya, 2008, No.4, pp. 265–272.

Координаты авторов (contact information): Комаров К. Л. (Komarov, C. L.) – komarovkl2015@gmail.com, Зыкова В. Ю. (Zykova, V. Yu.) – zikovavyu@mail.ru, Кузьмицкая М. А. (Kuzmitskaya, M. A.) – kuzmickayama@mail.ru.

Статья поступила в редакцию / article received 03.03.2014
Принята к публикации / article accepted 14.05.2014





Интеграция транспортных коммуникаций региона



Леонид МИРОТИН
Leonid B. MIROTIN

Евгений ЛЕБЕДЕВ
Evgeny A. LEBEDEV



Михаил ЛЕВИЦКИЙ
Mikhail O. LEVITSKY

Миrotин Леонид Борисович — доктор технических наук, профессор Московского государственного автомобильно-дорожного технического университета (МАДИ), Москва, Россия.

Лебедев Евгений Александрович — доктор технических наук, доцент Кубанского государственного технологического университета (КубГТУ), Краснодар, Россия.

Левецкий Михаил Олегович — аспирант КубГТУ, Краснодар, Россия.

Предложен вариант интеграции международных перевозок и транспортно-коммуникационной системы Южного федерального округа с учетом стратегии развития внутреннего водного транспорта России до 2030 года. Показаны альтернативные направления движения и перегрузки контейнеров с помощью контейнеровозов типа «река-море» и рассчитан экономический эффект от их использования применительно к портам и предприятиям федерального округа. Подчеркивается перспективность транспортно-логистического обслуживания транзитных, выходящих и входящих грузопотоков при наличии контролируемого государством единого управляющего центра, имеющего региональные филиалы.

Ключевые слова: водный транспорт, смешанные перевозки, инфраструктура, регион, интеграция, транспортная система, терминал, контейнер, сухогруз.

В последние десятилетия под влиянием быстрого технологического прогресса транспортно-коммуникационная система значительно укрепила свое место в жизни общества. Она не только ускоряет динамику социально-экономических преобразований, но и порождает качественно новые взаимосвязи, объединяет транспорт различных видов, службы связи и отрасли промышленности [1].

Качественная трансформация международной торговли и повышение в ней удельного веса продукции перерабатывающей промышленности требуют рационализации перевозок с применением многочисленного парка контейнеров и контейнеровозов. Это не только способствует более быстрой, недорогой и сохранной перевозке товаров, а еще и позволяет перейти к масштабным смешанным перевозкам с участием водного и наземного видов транспорта.

В транспортно-коммуникационной системе России сегмент контейнерных и контейнерных перевозок признан одним из самых перспективных для повышения эффективности процессов на основе логистических технологий в мультимодальных сообщениях [2].

На этом фоне усиливаются требования к экологичности всех видов транспорта

и стремление поддерживать приемлемую долю транспортной составляющей в цене конечной продукции при соблюдении жестких норм по экологии и безопасности.

Одобрение правительством в 2013 году стратегии развития внутреннего водного транспорта России до 2030 года и выделение определенных финансовых средств на поддержку речного судоходства может послужить началом инновационного развития каскадной системы транспортно-логистического обслуживания грузопотоков (транзитных, выходящих, входящих) и формирования интегрированной транспортно-логистической системы (ИТЛС) с долевым участием частного капитала, но под полной эгидой государства при наличии единого управляющего центра, имеющего региональные филиалы [3]. Это позволит перераспределить грузопотоки, значительная часть которых перейдет на полубытовой речной (водный) вид транспорта с маршрутами перевозки свыше 1000 км, высвободив подвижной состав железнодорожного транспорта для обслуживания расстояний до 1000 км в регионах и между ними, когда нет или недостаточно водных путей сообщения.

В этом контексте маршруты перевозок в ИТЛС целесообразно формировать с учетом минимизации логистических затрат по всей цепи поставок и максимальным использованием возможностей существующей транспортно-коммуникационной инфраструктуры каждого региона и потенциала межрегиональных связей [4].

Так, в Южном федеральном округе (ЮФО) сосредоточена транспортно-коммуникационная инфраструктура всех видов транспорта, интегрированная в процессы работы морских терминалов, расположенных в Сочи, Туапсе, Новороссийске, Ейске, Азове, Таганроге и других портовых городах.

Каждый из терминалов характеризуется определенной пропускной способностью морских судов различных видов и характеристик. Главные из них — глубина фарватера и протяженность причальной стенки с находящимся у нее погрузочно-разгрузочным оборудованием.

В данный момент наблюдается диспропорция в использовании мощностей по обработке контейнеров в морских терминалах ЮФО. Одни из них используются в сверхнапряженном режиме (морской порт Новорос-

сийска), а другие, имея не худшие возможности, загружены мало.

Установлено, что через порт Новороссийск проходят следующие маршруты контейнерных морских перевозок с интермодальными операторами:

1. Направление Феликстоу (Великобритания) — Бремерхафен (Германия) — Антверпен (Бельгия) — Амбарли (Турция) — Новороссийск — Сочи.

2. Направление Барселона (Испания) — Марсель (Франция) — Генуя (Италия) — Гёбзе (Турция) — Новороссийск — Сочи.

3. Направление Нью-Йорк — Норфолк — Саванна (США) — Стамбул (Турция) — Новороссийск — Сочи.

4. Направление Новороссийск — Сочи — Измир — Амбарли — Гёбзе (Турция) — Новороссийск — Сочи.

Сегодня есть возможность «разгрузить» порт Новороссийска, направив часть входящих в него контейнерных потоков с импортными грузами в порт Азова. При этом стоит учитывать, что морские суда-контейнеровозы, применяемые интермодальными операторами, по величине своей осадки не могут совершать подобную перевозку. Поэтому лучше рассматривать вариант, при котором до принимающего порта России (Азов) контейнеры будут доставляться, минуя Новороссийск, судами-контейнеровозами типа «река-море». А при необходимости и дальше с максимальным использованием внутренних водных путей — скажем, до Нижнего Новгорода, или портов Каспийского моря. В этом случае смежным зарубежным портом Юга России должен стать один из портов Черноморского или Средиземноморского бассейнов, лежащих на востребованных маршрутах.

Такая интеграция транспортно-коммуникационной системы на основе логистических технологий в смешанных мультимодальных сообщениях даст повысить эффективность перевозок и транспортных инфраструктур всех регионов страны.

Предварительные расчеты показывают, что внедрение технологии перевозки ISO-контейнеров со смежным портом Черноморского бассейна в Стамбул, а затем в Азов и вглубь России по внутренним водным путям снизит издержки на транспортировку до уровня, который приведен в таблице 1.

Расстояние от Стамбула до Волгограда при перевозке через Новороссийск в вод-





120

Таблица 1

**Сравнительная характеристика себестоимости перевозки одного ISO-контейнера
в водном и водно-железнодорожном сообщениях**

Направление перевозки	Результаты расчетов при различном сочетании использованных видов транспорта		
	Себестоимость перевозки в водно-ж.д. сообщении (руб.)	Себестоимость перевозки в водном сообщении (руб.)	Экономический эффект (руб.)
Стамбул–Новороссийск	–	18300	–
Стамбул–Азов	–	27657	–
Стамбул–Волгоград	38663	36194	2469
Стамбул–Нижний Новгород	51350	42067	9283

Таблица 2

Сравнительная характеристика затрат времени на транспортировку одного ISO-контейнера в водном и водно-железнодорожном сообщениях

Направление перевозки	Результаты расчетов при различном сочетании использованных видов транспорта		
	Затраты времени на перевозку в водно-ж.д. сообщении (ч)	Затраты времени на перевозку в водном сообщении (ч)	Разница во времени перевозки (ч)
Стамбул–Волгоград	88	103	15
Стамбул–Нижний Новгород	189	246	57

но-железнодорожном сообщении составляет 1646 км, через г. Азов в водном сообщении – 1780 км. Маршрут от Стамбула до Нижнего Новгорода при следовании грузов через Новороссийск в водно-железнодорожном сообщении займет 2749 км, через Азов в водном сообщении – 2780 км.

При увеличении расстояния перевозки растет и экономический эффект от перевозки контейнеров в водном сообщении по сравнению с водно-железнодорожным.

Расчет затрат времени на транспортировку одного ISO-контейнера приведен в таблице 2. Из нее следует, что с увеличением расстояния растет и разница во времени перевозки в водном сообщении по сравнению с водно-железнодорожным.

С учетом существующей пропускной способности водных путей РФ и приведенных направлений их использования могут применяться контейнеровозы типа «река-море»: сухогрузный теплоход типа «Волго-Балт» проекта 2–95А и сухогрузный теплоход типа «Ладога» проекта 285 (289).

Таким образом, развитие перевозок грузов по внутренним водным путям сухогрузными теплоходами смешанного типа «река-море» открывает следующие возможности для предприятий Юга России:

1. Иметь доступные тарифы на транспортировку, позволяющие сэкономить

средства и снизить себестоимость продукции.

2. Добиваться высокой сохранности грузов.

3. Располагать межконтинентальной транспортировкой грузов.

4. Осуществлять транспортировку самых разнообразных грузов.

5. Проводить передислокацию высвободившегося подвижного состава железнодорожного транспорта на обслуживаемые другие маршруты, где нет водных магистралей.

Еще один момент как дополнение: решение проблемы углубления участков внутренних судовых линий, к чему надо стремиться уже сейчас, позволило бы применять подвижной состав водного транспорта с большей грузоподъемностью. Резерв тут налицо.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синцеров Л. Транспортно-коммуникационная парадигма мирового развития // Мировая экономика и международные отношения. – 2011. – № 5. – С. 122–128.
2. Кириллова А. Г. Новые технологии перевозок – контейнерные поезда. Европейские реалии и российские перспективы // Транспорт: наука, техника, управление. – 2010. – № 7. – С. 25–28.
3. Миротин Л. Б. Логистические подходы в решении транспортного обеспечения во время кризиса // Материалы Международной научно-практ. конференции: В 2 ч. – Волгоград, 2009. Ч. 1. – С. 60–64.
4. Лебедев Е. А. Совершенствование цели формирования транспортных систем // Транспорт: наука, техника, управление. – 2011. – № 11. – С. 65–67. ●

INTEGRATION OF REGIONAL TRANSPORT COMMUNICATIONS

Mirotin, Leonid B. – D. Sc. (Tech), professor of Moscow State Automobile and Road Technical University (MADI), Moscow, Russia.

Lebedev, Evgeny A. – D. Sc. (Tech), associate professor of Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia.

Levitsky, Mikhail O. – Ph.D. student of Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia.

ABSTRACT

A variant of the integration of international transport and transport-technological system of Southern Federal District is proposed with account of development strategy of inland water transport of Russia until 2030. Alternative directions of traffic and transshipment of containers are shown using the example of containers of «river-sea» type and economic effect of their use subject to ports and enterprises of Southern Federal District is calculated. The article highlights perspective of transport and logistics service of transit, outbound and inbound freight flows in the presence of state-controlled single control center that has regional branches.

ENGLISH SUMMARY

Background. In recent decades, under the influence of rapid technological progress transport and communications system has significantly strengthened its place in society. Not only does it accelerate the dynamics of socio-economic reforms, but also gives rise to a qualitatively new relationship, brings together different types of transport, communication services and industries [1].

Qualitative transformation of international trade and increased proportion of manufactured products require rationalization of transportation with the use of multiple fleet of containers and container carriers. It promotes more rapid, inexpensive and safe carriage of goods, and makes it possible to come over to large-scale multimodal transport involving water and land transport modes.

Within the transport system of Russia segment of container and piggyback transportation is recognized as one of the most promising to improve the efficiency of processes based on logistics technologies in multimodal communications [2].

In this context, environmental requirements for all types of transport and the desire to maintain an acceptable share of transport costs in the price of the final product under strict standards on environment and safety increase.

Government's approval in 2013 of development strategy of inland water transport in Russia until 2030 and allocation of certain funds to support river navigation may be the start of innovative development of a cascade system of transport and logistics service of cargo flows (transit, outbound, inbound) and of establishment of an integrated transport and logistics system (ITLS) with equity participation of private capital, but under the auspices of state in the presence of a single control center that has regional branches [3]. It will enable to redistribute traffic flows, considerable part of which goes to the half-forgotten river (water) mode of transport with transport routes of more than 1000 km, releasing rail transport rolling stock to service distances up to 1000 km in regions and between them where there are no waterways or they are insufficient.

In this context, transport routes in ITLS should be formed with account for minimizing logistics

costs throughout the supply chain and making full use of the existing transport and communication infrastructure in each region and the potential of interregional relations [4].

Objective. The objective of the authors is to investigate perspective of transport and logistics service of transit, outbound and inbound freight flows in the presence of state-controlled single control center that has regional branches.

Methods. The authors use methods of analysis and comparison.

Results. All kinds of transport are present in Southern Federal District (SFD), they are mostly integrated in the operations of marine terminals located in Sochi, Tuapse, Novorossiysk, Yeisk, Azov, Taganrog and other port cities.

Each of these terminals is characterized by a certain traffic capacity concerning marine vessels of various types and characteristics. The main features of them are navigable depth and length of mooring berth with handling equipment.

Currently there is a disproportion in the use of facilities for the handling of containers in maritime terminals of SFD. Some of them are used in over intense mode (seaport of Novorossiysk), while others, having not the worst possibilities are underloaded.

It is found that following routes of sea container shipping with intermodal operators pass through the port of Novorossiysk:

1. Destination Felixstowe (UK) – Bremerhaven (Germany) – Antwerp (Belgium) – Ambarl (Turkey) – Novorossiysk – Sochi.

2. Destination Barcelona (Spain) – Marseille (France) – Genoa (Italy) – Gebze (Turkey) – Novorossiysk – Sochi.

3. Destination New York – Norfolk – Savannah (United States) – Istanbul (Turkey) – Novorossiysk – Sochi.

4. Destination Novorossiysk – Sochi – Izmir – Ambarl – Gebze (Turkey) – Novorossiysk – Sochi.

Today it is possible to «unload» the port of Novorossiysk, directing part of its constituent container flows of imported goods to the port of Azov. It should be borne in mind that sea container carriers used by intermodal operators, according to their draft size cannot perform such transportation. Therefore it is better to consider an option in which containers will be delivered to the receiving port of Russia (Azov), bypassing Novorossiysk, by container carriers of «river-sea» type. And, if necessary, transportation will be continued with the maximum use of inland waterways – e. g., to Nizhny Novgorod, or the Caspian Sea ports. In this case, one of the ports of the Black Sea or Mediterranean basins lying on popular routes should become neighboring foreign port of the South of Russia.

This integration of transport and communication system based on logistics technology in mixed multi-mode traffic will improve transport efficiency





Table 1

Comparative characteristics of prime cost of transportation of one ISO-container in the water and water-rail communications

Route	Results of calculations with different combinations of transport used		
	Prime cost of transportation in water-rail communication (rub)	Prime cost of transportation in water communication (rub)	Economic benefit (rub)
Istanbul-Novorossiysk	–	18300	–
Istanbul-Azov	–	27657	–
Istanbul-Volgograd	38663	36194	2469
Istanbul-Nizhny Novgorod	51350	42067	9283

Table 2

Comparative characteristics of time required to transport one ISO-container in t water and water-rail communications

Route	Results of calculations with different combinations of transport used		
	Time required for transportation in water-rail communication (hours)	Time required for transportation in water communication (hours)	Difference in transportation time (hours)
Istanbul-Volgograd	88	103	15
Istanbul-Nizhny Novgorod	189	246	57

and transport infrastructure in all regions of the country.

Preliminary calculations show that the introduction of technology ISO-containers transportation with the adjacent Black Sea port to Istanbul, and then to Azov and into Russia using inland waterways will reduce transportation costs to a level that is shown in Table 1.

Distance from Istanbul to Volgograd in transportation through Novorossiysk in water-rail communication is 1646 km, through Azov in water communication – 1780 km. Route from Istanbul to Nizhny Novgorod in freight transportation through Novorossiysk in water-rail communication takes 2749 km, through Azov in water communication – 2780 km.

As the transportation distance increases, economic benefit of containers transportation grows in comparison with water-rail communication.

Calculation of time required to transport one ISO-container is given in Table 2.

As it can be seen from Table 2, with increasing transportation distance difference in time required for water transportation grows as compared to water-rail communication.

Keywords: water transport, multimodal transport, infrastructure, region, integration, transport system, terminal, container, bulk carrier.

REFERENCES

1. Sintserov, L. Transport and communication paradigm of global development [*Transportno-kommunikatsionnaya paradigma mirovogo razvitiya*]. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya*, 2011, No.5, pp. 122–128.

2. Kirillova, A. G. New transportation technologies – piggyback trains. European realities and Russian perspectives [*Novye tehnologii perevozok – kontreylernye poezda. Evropeyskie realii i rossiyskie perspektivy*]. *Transport: nauka, tehnika, upravlenie*, 2010, No.7, pp.25–28.

With account of existing traffic capacity of waterways of Russia and given the accessible routes container carriers of following «river-sea» type can be used: dry cargo ship of «Volga-Balt» type project 2–95A and dry cargo ship of «Ladoga» type project 285 (289).

Conclusions. Thus, the development of transport of goods by inland waterways using dry cargo ship of mixed «river-sea» type opens following opportunities for businesses of the south of Russia:

1. To have affordable tariffs for transportation, which save money and reduce prime cost of products.
2. To achieve high cargo safety.
3. To dispose intercontinental transportation of goods.
4. To transport a variety of goods.
5. To conduct relocation of released rail rolling stock to serve other routes where there are no water main lines.

Another point to add: solution of the problem of deepening inland ship lines would make it possible to use water transport with larger tonnage. Here, the reserve is obvious.

3. Mirotin, L. B. Logistics approaches to solving transportation support problems during the crisis [*Logisticheskie podhody v reshenii transportnogo obespecheniya vo vremya krizisa*]. Works of international scientific and practical conference [*Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakt. konferentsii*]. In 2 parts. Volgograd, 2009. Part 1, pp.60–64.

4. Lebedev, E. A. Improving the goal of creating transportation systems [*Sovershenstvovanie tseli formirovaniya transportnyh system*]. *Transport: nauka, tehnika, upravlenie*, 2011, No.11, pp. 65–67.

Координаты авторов (contact information): Миротин Л. Б. (Mirotin, L. B.) – mirotin2004@mail.ru, Лебедев Е. А. (Lebedev, E. A.) – 8–861–215–4323, Левицкий М. О. (Levitsky, M. O.) – skorpionm1992@mail.ru. Статья поступила в редакцию / article received 03.03.2014
Принята к публикации / article accepted 29.04.2014



ОЧЕРЕДНОЙ БЮЛЛЕТЕНЬ ОСЖД



Второй номер Бюллетеня Организации сотрудничества железных дорог за 2014 год содержит информационное сообщение о проведении с 24 по 28 апреля в Пхеньяне, по приглашению министерства железных дорог Корейской Народно-Демократической Республики, XXIX заседания Конференции генеральных директоров (ответственных представителей) ОСЖД. Информация сопровождается рассказом о развитии и функционировании железнодорожного транспорта КНДР на современном этапе.

Николай Носенко, Эхсан Арфа (Комиссия ОСЖД), Александр Христолюбов (Россия) в своей статье «Опасным грузам – безопасные условия перевозок!» подводят промежуточные итоги того, что сделано Временной рабочей группой экспертов Комиссии ОСЖД по транспортному праву для актуализации правил перевозки опасных грузов (Приложение 2 к СМГС) в 2013 году, в том числе оценивают сотрудничество в этой области с другими международными организациями.

В статье «Локомотивы для тяги тяжелых поездов на железных дорогах мира» Александра Лувишиса (Россия) дается анализ развития производства и применения подобных локомотивов в странах, дороги которых являются членами ОСЖД, а также делаются некоторые полезные выводы и определяются основные перспективы в этой сфере.

На страницах раздела «О работе ОСЖД» размещены материалы о проходившем в Тбилиси (Грузия) с 18 по 20 февраля совещании экспертов Комиссии ОСЖД по транспортной политике и стратегии развития «Разработка и реализация комплексных мер по совершенствованию перевозок и развитию железнодорожных транспортных коридоров ОСЖД»; о совещании экспертов

железных дорог по теме «Системы резервирования мест, справочно-информационного обслуживания пассажиров, предоставления услуг и взаиморасчетов за перевозки», оно прошло с 4 по 6 марта. По поводу «Правил о расчетах в международном пассажирском и грузовом железнодорожном сообщении» 25–28 февраля провели свое совещание, как сообщается здесь же, представители заключивших о них договор железных дорог-партнеров.

В разделе «Новости железных дорог» представлена информация из Китая («На высокоскоростной железнодорожной магистрали Пекин–Гуанчжоу перевезено около 100 млн пассажиров», «Пропуск тяжеловесного поезда весом 21 тыс. тонн на линии Датун–Циньхуандао», «Заложен фундамент железнодорожного моста «Тунцзян–Нижнеленинское» между Китаем и Россией»); из России («Перевозки пассажиров поездами ОАО «ФПК» в Олимпийском графике движения», «Проект высокоскоростной магистрали Москва – Казань»); из Германии («Презентация нового высокоскоростного поезда ICE-3 с повышенной комфортностью», «DB Schenker» запускает новый продукт по ускорению грузовых перевозок в Азии», «Siemens» выиграл контракт на дальнейшую поставку локомотивов в США», «Двухэтажный аэроэкспресс производства «Stadler» для России»).

О четвертой выставке «IT-TRANS 2014 – информационные технологии для транспорта», проходившей с 18 по 20 февраля в г. Карлсруэ (Германия), публикуется материал в разделе «Международные конференции и выставки».

«В.И.П. Сервис»: каждый клиент должен чувствовать себя «очень важной персоной» – однозначно заключает своей статьей генеральной директор одноименного присоединенного предприятия ОСЖД Дмитрий Горин.





Моделирование пассажиропотоков в ТПУ



Сергей ВАКУЛЕНКО
Sergey P. VAKULENKO

Виктор ДОЕНИН
Viktor V. DOENIN



Надежда ЕВРЕЕНОВА
Nadezhda Yu. EVREENOVA

Вакуленко Сергей Петрович – кандидат технических наук, профессор, директор Института управления и информационных технологий Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

Доенин Виктор Васильевич – доктор технических наук, профессор МИИТ, Москва, Россия

Евреенова Надежда Юрьевна – аспирант и ассистент МИИТ, Москва, Россия.

Рассмотрена описательная часть моделирования пассажиропотоков в транспортно-пересадочном узле, учитывающая логические зависимости в организации их перемещения в целом и вместе с тем отдельных людей и групп. Показаны и получили свою трактовку все возможные типы операций, наблюдаемые в моделируемом пространстве и предполагающие реакции управляющих устройств. Разные по сложности ситуации с организацией пассажиропотока оцениваются при заданных архитектурно-планировочных решениях и размерах комплекса.

Ключевые слова: транспортно-пересадочные узлы, пассажирские перевозки, математическое моделирование, пассажиропотоки, логика поведения пассажира.

Транспортно-пересадочный узел (ТПУ) – сложная система, состоящая из дискретного множества пассажиров, перемещающихся в дискретном пространстве в дискретные моменты времени, и при этом отдельно взятый каждый пассажир может автономно, независимо от других принимать решение о том, что необходимо сделать на следующем шаге, исходя из анализа своего собственного поведения или состояния всей системы. Для моделирования подобной системы необходимы принципы, учитывающие, что в основе организации движения пассажиропотоков и перемещения отдельных участников общего процесса лежат логические зависимости [1].

Решение задачи построения математической модели функционирования ТПУ показано на примере предпроектных проработок. Аксонометрическая схема узла приведена на рис. 1. Особый интерес представляет его второй уровень (рис. 2), поскольку именно здесь сконцентрирован наибольший процент технологических площадей. Для рассматриваемого предпроектного варианта в пространстве ТПУ формируются следующие пассажиропотоки:

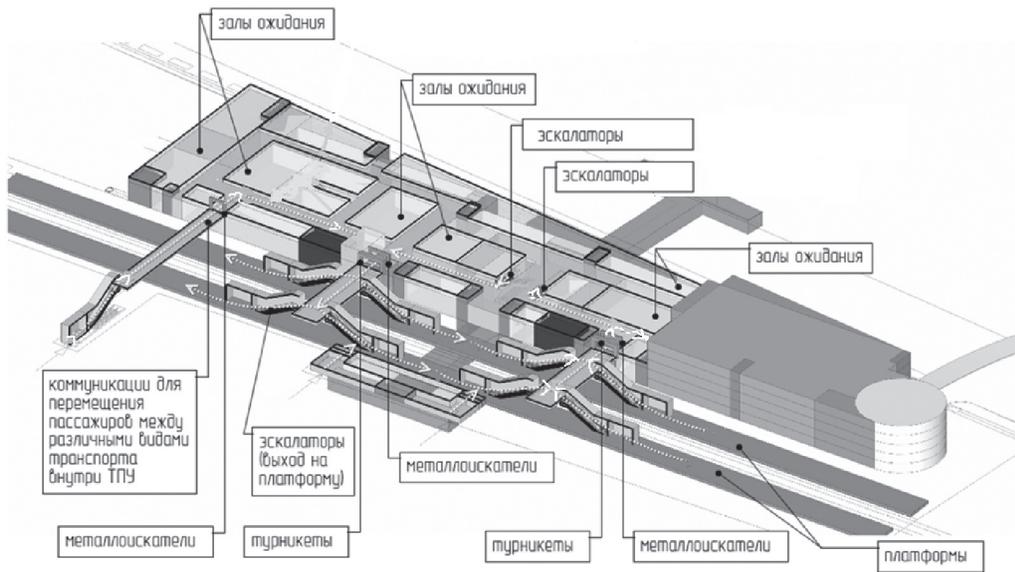


Рис. 1. Аксонометрическая схема ТПУ: размещение основных устройств и направления движения основных пассажиропотоков.

V^a – пассажиры с проездными документами, попадающие на 2-й этаж узла с помощью эскалаторов и двигающиеся в направлении турникетов входа на пассажирскую платформу к пригородным поездам;

V^m – пассажиры с проездными документами, следующие на пересадку с монорельсового транспорта в направлении турникетов входа на пассажирскую платформу к пригородным поездам;

V^p – пассажиры с проездными документами, пользующиеся паркингом и двигающиеся в направлении турникетов к пригородным поездам;

C^{uk} – пассажиры, попадающие на 2-й этаж ТПУ с помощью эскалаторов и направляющиеся к кассам, а затем к турникетам пригородного сообщения;

C^{mk} – пассажиры, следующие на пересадку с монорельсового транспорта к кассам, а затем к турникетам пригородного сообщения;

C^{pk} – пассажиры, пользующиеся паркингом и направляющиеся к кассам, а затем к турникетам входа на пассажирскую платформу;

W^a – пассажиры, прибывшие в пригородных электропоездах и следующие через турникеты выхода с пассажирских платформ к эскалатору;

W^{pu} – пассажиры, прибывшие на личном автотранспорте и следующие к эскалатору;

W^{mu} – пассажиры, прибывшие монорельсовым транспортом и следующие к эскалатору;

W^p – пассажиры, прибывшие в пригородных электропоездах и следующие через турникеты выхода с пассажирских платформ на «перехватывающую» парковку;

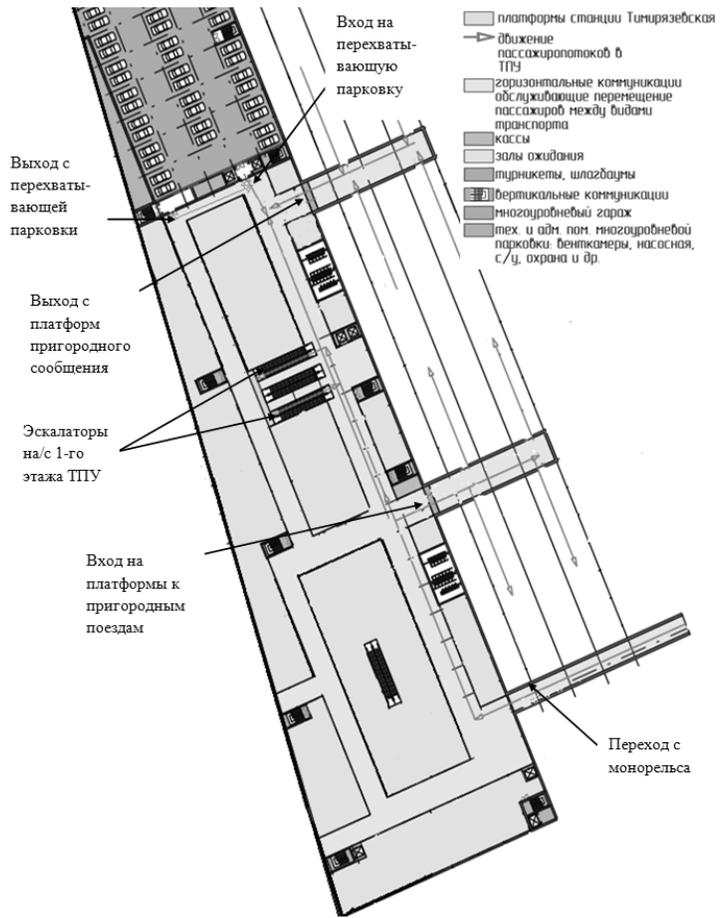
W^m – пассажиры, прибывшие монорельсовым транспортом и следующие на «перехватывающую» парковку.

Помимо перечисленных пассажиропотоков в пространстве ТПУ может быть незначительное число людей, следующих в залы или из залов ожидания, направляющихся к объектам сервисного обслуживания или от них и т. д. Однако в ТПУ их доля настолько мала по сравнению с основными пассажиропотоками, что она не может повлиять на устойчивость и эффективность функционирования узла.

С целью сокращения объема описания сходных по поведению потоков их виды будут только упомянуты, а при небольших отличиях друг от друга найдут отражение лишь их типичные особенности. Пространство ТПУ представлено в виде разбитой на зоны ленты (рис. 3). В каждой зоне может быть записан только один символ



Рис. 2. План второго этажа и направления движения пассажиропотоков ТПУ.



из алфавита Y , содержащий следующие переменные [2]:

$$Y = \{S_i, B_j, V_l, R_m, N_p\}. \quad (1)$$

Символы B_j характеризуют незанятость зоны каким-либо объектом; S_i — адреса пунктов ТПУ; V_l — транспортные объекты (пассажиры); R_m — места возможного изменения маршрута движения пассажира и выбора дальнейшего направления; N_p — препятствия на пути следования.

Перемещение объекта V_l осуществляет управляющее (исполнительное) устройство q_j , которое обладает способностью просматривать ближайшие соседние зоны и перемещать объект вперед или назад.

События, которые возникают в подобной модели, и реакции транспортного оператора описаны выражением:

$$\frac{V_l}{q_j} BST \frac{V_l}{q_k}, \quad (2)$$

где первая тройка символов

$$\frac{V_l}{q_j} B \quad (3)$$

характеризует событие, а вторая —

$$ST \frac{V_l}{q_k} \quad (4)$$

одну из возможных реакций транспортного оператора.

Под транспортным оператором понимают конечную совокупность операций, среди которых нет операций с одинаковыми начальными тройками. В целом совокупность (2) означает логическую операцию, которая может быть использована для управления транспортным процессом на каком-то шаге его развития. При рассмотрении всех возможных типов логических операций использовано множество D , характеризующее реакции управляющего устройства q_j :

$$D = \{ST, RE, EX, R, L, R(S_k)\}, \quad (5)$$

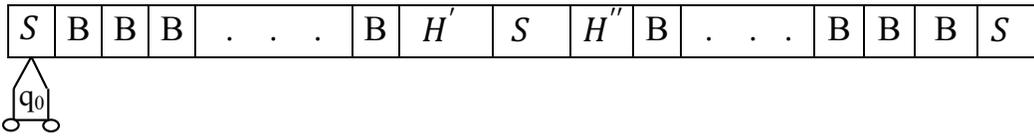


Рис. 3. Разбивка пространства ТПУ на зоны.

где ST – команда на перемещение на один шаг по ходу движения; RE – команда изменения направления движения; EX – команда ожидания или остановки; R – команда на изменения направления движения направо, а L – налево; R(S_k) – команда на выполнение одного шага от зоны R к зоне S_k.

Используя демонстрируемую технологию, рассмотрим поведение потока V^u. Его описание будет иметь вид:

$$\begin{aligned}
 & \frac{V_i^{ub}}{q_0^i} BST \frac{V_i^{ub}}{q_1^i}; \frac{V_i^{ub}}{q_1^i} BST \frac{V_i^{ub}}{q_2^i}; \dots; \\
 & \frac{V_i^{ub}}{q_{b-1}^i} BST \frac{V_i^{ub}}{q_b^i}; \frac{V_i^{ub}}{q_b^i} BR \frac{V_i^{us}}{q_0^i}; \\
 & \frac{V_i^{us}}{q_0^i} BST \frac{V_i^{us}}{q_1^i}; \frac{V_i^{us}}{q_1^i} BST \frac{V_i^{us}}{q_2^i}; \dots; \\
 & \frac{V_i^{us}}{q_{s-1}^i} BST \frac{V_i^{us}}{q_s^i}; \frac{V_i^{us}}{q_s^i} KlL \frac{V_i^{ux}}{q_0^i}; \\
 & \frac{V_i^{ux}}{q_0^i} BST \frac{V_i^{ux}}{q_0^i}; \frac{V_i^{ux}}{q_0^i} C_f EX \frac{V_i^{ux}}{q_0^i}; \\
 & \frac{V_i^{ux}}{q_0^i} B(d)ST(d) \frac{V_i^{ux}}{q_0^i}; \\
 & \frac{V_i^{ux}}{q_0^i} TU(c)TU(o) \frac{V_i^{ut}}{q_0^i}; \\
 & \frac{V_i^{ut}}{q_0^i} TU(o)ST \frac{V_i^{ut}}{q_0^i}.
 \end{aligned} \tag{6}$$

В (6) Kl₁ – линия последней кассы, за которой пассажир поворачивает налево к какому-то из турникетов TU_z; s – число шагов, которое сделает пассажир до первого поворота налево; b – число шагов, которое сделает пассажир до первого поворота направо; x – число шагов после поворота до турникета z; t – фаза движения пассажира после прохода турникета z; C_f – пассажиры кассы f, образующие очереди у входа к платформам пригородных поездов; TU(c), TU(o) – турникеты закрытый и открытый соответственно.

В описании поведения потока пассажиров (6) не все они, сойдя с эскалаторного полотна, поворачивают направо к входу на платформы пригородного сообщения. Им можно сделать ещё несколько шагов вперёд, а затем повернуть налево. Этот выбор зависит от многих причин: физическое, душевное состояние, состояние пространства (его свобода) и т. д., и потому он моделируется на основе случайной зависимости:

$$s_i = 10 \cdot p_i, \tag{7}$$

где p_i – случайное число от 0 до 1, округляемое до первой цифры после запятой.

Учитывая особенности планировочной структуры ТПУ, можно предположить, что пассажиропотокам V^u, V^m, V^p, следующим мимо касс к турникетам входа на пригородную пассажирскую платформу, при большой его величине целесообразно следовать через большие очереди к кассам. Эта ситуация в описании потока (6) моделируется следующим фрагментом:

$$\frac{V_i^{ux}}{q_0^i} C_f EX \frac{V_i^{ux}}{q_0^i}; \frac{V_i^{ux}}{q_0^i} B(d)ST(d) \frac{V_i^{ux}}{q_0^i}. \tag{8}$$

Совокупность выражений (9) характеризует поведение пассажиропотока C^{uk}, субъекты которого нуждаются в приобретении проездных билетов в кассах ТПУ:

$$\begin{aligned}
 & \frac{C_i^{uk}}{q_0^i} BST \frac{C_i^{ukb}}{q_1^i}; \frac{C_i^{ukb}}{q_1^i} BST \frac{C_i^{ukb}}{q_2^i}; \dots; \\
 & \frac{C_i^{ukb}}{q_{b-1}^i} BST \frac{C_i^{ukb}}{q_b^i}; \frac{C_i^{ukb}}{q_b^i} BR \frac{C_i^{uks}}{q_0^i}; \\
 & \frac{C_i^{uks}}{q_0^i} BST \frac{C_i^{uks}}{q_1^i}; \frac{C_i^{uks}}{q_1^i} BST \frac{C_i^{uks}}{q_2^i}; \dots; \\
 & \frac{C_i^{uks}}{q_{s-1}^i} BST \frac{C_i^{uks}}{q_s^i}; \frac{C_i^{uks}}{q_s^i} KlL \frac{C_i^{ukf}}{q_0^i}; \\
 & \frac{C_i^{ukf}}{q_0^i} BST(f) \frac{C_i^{ukf}}{q_0^i}; \frac{C_i^{ukf}}{q_0^i} C^{kf} EX \frac{C_i^{ukf}}{q_0^i}; \\
 & \frac{C_i^{ukf}}{q_0^i} B(d)ST(df) \frac{C_i^{ukf}}{q_0^i};
 \end{aligned} \tag{9}$$





$$\frac{C_i^{ukf}}{q_0} K_f EX(t) \frac{C_i^{ukh}}{q_1}; \frac{C_i^{ukh}}{q_1} K_f R \frac{C_i^{ukh}}{q_0};$$

$$\frac{C_i^{ukh}}{q_0} BST(z) \frac{i^{ukh}}{q_0};$$

$$\frac{C_i^{ukh}}{q_0} TU_z(c) TU_z(o) \frac{C_i^{ukh}}{q_0}; \frac{C_i^{ukh}}{q_0} TU_z(o) ST \frac{C_i^{ukt}}{q_0}.$$

Здесь f – фаза движения пассажира от момента выбора кассы до покупки билета; C^{kf} – пассажиропоток, ожидающий обслуживания в очереди к кассе; K_f – касса с номером f ; $EX(t)$ – время, затрачиваемое кассиром на продажу билета; h – фаза движения пассажира после покупки билета и до турникетов.

В описании C^{uk} (9) пассажир после поворота налево к кассам принимает решение, к какой кассе он будет двигаться далее. Это он делает, исходя из длины очереди перед каждой из касс, в соответствии с выражением:

$$K_i = \min_f \{R_1, R_2, \dots, R_f\}, \quad (10)$$

где R_i – длина очереди перед i -й кассой, а пассажир выбирает для себя ту, что с минимальной очередью среди f касс. После этого C^{ukh} преобразуется в символ C^{ukf} , что означает начало новой фазы – происходит движение $ST(f)$ к выбранной кассе f . Фаза продолжается до момента достижения «спиной» последнего ожидающего билета в этой очереди.

Пассажир, находясь в очереди, не может делать полный шаг, так как зона перед ним занята. Тогда он начинает двигаться «потихоньку», делая неполный шаг. Если освобождается часть зоны размером $B(d)$, то и пассажир делает перемещение соответствующего размера $ST(d)$. Виртуально в пространстве имеется множество сеток с различным шагом дискретизации d .

Аналогичным образом описываются пассажиропотоки C^{mk} и C^{pk} .

Наиболее простыми оказываются потоки прибывающих в ТПУ пассажиров, поскольку они не нагружены необходимостью решать какие-либо задачи, кроме одной: выйти из узла. Например, пассажиры W^{pu} с «перехватывающей» парковки следуют прямо через распределительный зал к эскалатору (11):

$$\frac{W_i^{pu}}{q_0} EPST \frac{W_i^{pub}}{q_1}; \frac{W_i^{pub}}{q_1} BST \frac{W_i^{pub}}{q_2}; \dots;$$

$$\frac{W_i^{pub}}{q_{b-1}} BST \frac{W_i^{pub}}{q_b}; \frac{W_i^{pub}}{q_b} BR \frac{W_i^{pur}}{q_0};$$

$$\frac{W_i^{pur}}{q_0} BST \frac{W_i^{pur}}{q_0}; \frac{W_i^{pur}}{q_0} W_i^{pur} EX(r) \frac{W_i^{pur}}{q_0};$$

$$\frac{W_i^{pur}}{q_0} B(d) ST(d) \frac{W_i^{pur}}{q_0}; \quad (11)$$

$$\frac{W_i^{pur}}{q_0} ESST \frac{W_i^{pue}}{q_0},$$

где EP – линия входа на 2-й этаж ТПУ с «перехватывающей» парковки; $EX(r)$ – время, затрачиваемое пассажиром в ожидании входа на эскалатор; ES – линия начала эскалатора, работающего на спуск; e – индекс пассажира, покинувшего 2-й этаж ТПУ.

По фрагментам описания пассажиропотоков ТПУ можно заметить, что наиболее сложная ситуация по организации пассажиропотоков при заданном архитектурно-планировочном решении складывается в центральной части 2-го этажа пересадочного узла.

ВЫВОДЫ

Применение приведенной технологии формализованного описания пассажиропотоков ТПУ позволяет систематизировать представление о процессах, протекающих в нем, и проанализировать общие свойства транспортных систем, абстрагируясь от деталей, характерных для каждого отдельного вида транспорта или системы, а также учесть логические зависимости в организации движения и перемещении пассажиров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евренова Н. Ю. Моделирование пассажиропотоков в транспортно-пересадочных узлах // Труды международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития транспорта»: В 2 т. – Т. 2. – М.: МИИТ, 2013. – С.95–102.
2. Доенин В. В. Моделирование транспортных процессов и систем. – М.: Изд. «Спутник+», 2012. – 288 с.
3. Доенин В. В., Лай Мань Зунг, Ляпунцова Е. В. Логико-разностные модели движения транспортных объектов// Естественные и технические науки. – 2012. – № 2. – С. 474–480. ●

SIMULATION OF PASSENGER FLOWS IN TRANSPORT INTERCHANGE HUBS

Vakulenko, Sergey P. – Ph.D. (Tech), professor, director of the Institute of Management and Information Technology of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

Doenin, Viktor V. – D. Sc. (Tech), professor, head of the department of intelligent transport systems of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

Evreenova, Nadezhda Yu. – Ph.D. student and assistant at the department of transport business of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

ABSTRACT

The authors consider a descriptive part of passenger flows simulation in a transport interchange hub, which takes into account the logical dependencies in organizing relocation of passenger flows, individuals and groups. All possible types of operations observed in the simulated space and assuming the reaction of control devices are shown and get their own interpretation. Different complexity of the situation with the organization of passenger traffic is estimated given architectural and planning decisions and the size of the complex.

ENGLISH SUMMARY

Background. Transport interchange hub (hereinafter-TIH) is a complex system consisting of a discrete set of passengers traveling in a discrete space at discrete time, and thus taken separately, each passenger can autonomously, independently of the others make a decision on what needs to be done in the next step based on the analysis of his own behavior or state of the entire system. For the simulation of such a system certain principles are required, taking into account that the basis of the organization of movement of passenger and movement of individual parts of the overall process are logical dependencies [1].

Objective. The objective of the authors is to provide a descriptive part of passenger flows modeling in a transport interchange hub.

Methods. The authors use mathematical method, modeling, analysis and descriptive method.

Results. Solution of a task to build a mathematical model of TIH functioning is illustrated by pre-design studies. Axonometric scheme of TIH is shown in Pic. 1. Its second level (Pic. 2) is of particular interest, because it is the area with the largest percentage of technological areas. For the considered pre-design option in TIH space the following passenger flows are formed:

V^u – passengers with travel documents that come to the 2nd floor of TIH via escalators and move in the direction of the turnstiles of the entrance to a passenger platform to commuter trains;

V^m – passengers with travel documents moving for an interchange from a monorail transport in the direction of the turnstiles at the entrance to a passenger platform to commuter trains;

V^p – passengers with travel documents, using parking and moving towards the turnstiles to commuter trains;

C^{uk} – passengers arriving at the 2nd floor of TIH via escalators and moving to ticket desks and then to the turnstiles of commuter trains;

C^{mk} – passengers, moving for an interchange from monorail transport to the ticket desks and then to turnstiles of commuter trains;

C^{pk} – passengers using parking and moving to ticket desks and then to turnstiles of the entrance to a passenger platform;

W^u – passengers arriving in commuter electric trains and moving through the turnstiles of the exit from passenger platforms to the escalator;

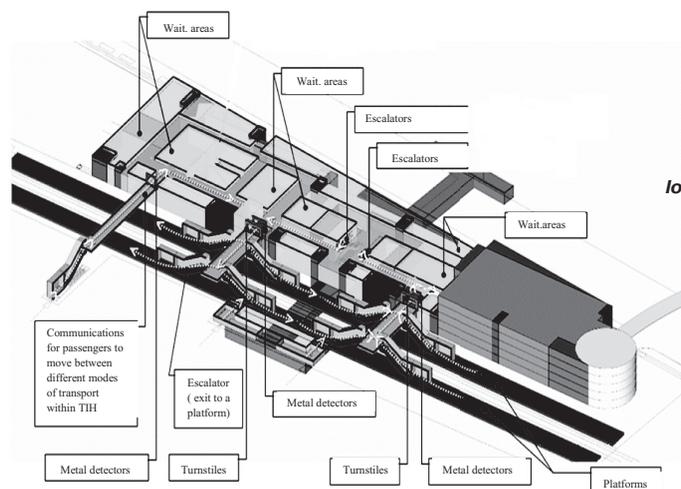
W^{pu} – passengers arriving with private vehicles and moving to the escalator;

W^{mu} – passengers arriving with monorail transport and moving to the escalator;

W^p – passengers arriving in commuter electric trains and moving through the turnstiles of the exit from passenger platforms to «intercept»;

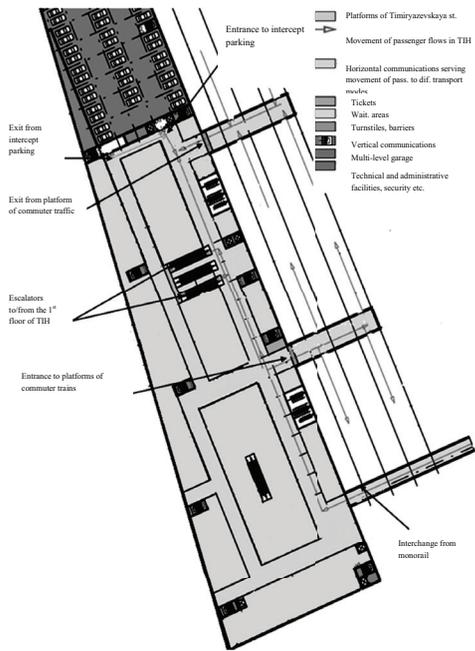
W^m – passengers arriving with monorail transport and moving to the «intercept» parking.

In addition to these passenger flows in TIH space there can be a small number of people, moving to or from waiting areas, to or from objects of service, etc. However, their share in the TIH is so small compared with the main passenger flows, that it cannot affect the stability and efficiency of the TIH.



Pic. 1 Axonometric scheme of TIH: location of main facilities and direction of movement of main passenger flows.





Pic. 2. Second floor plan and direction of passenger flows within TIH.

To reduce the scope of the description of similar behavior of flows their types will only be mentioned and in case of small differences from each other only their typical features will be reflected. TIH space is represented as a band divided into zones (Pic. 3). In each zone only one symbol of the alphabet Y can be written, containing the following variables [2]:

$$Y = \{S_i, B_j, V_l, R_m, N_p\}. \quad (1)$$

Symbols B_j mean that the zone is not occupied by any object; S_i – addresses of TIH facilities; V_l – transport objects (passengers); R_m – places of possible route changes of a passenger and choice of following direction; N_p – obstacles on the way.

Displacement of the object V_l is performed by a controlling (executive) unit q_j , which can overlook the proximate adjacent areas and move an object forward or backward.

Events that occur in this model and reaction of transport operator are described by the expression:

$$\frac{V_l}{q_j} \text{BST} \frac{V_l}{q_k}, \quad (2)$$

where the first three symbols

$$\frac{V_l}{q_j} B \quad (3)$$

characterize an event and the second –

$$ST \frac{V_l}{q_k} \quad (4)$$

characterize one of possible reactions of a transport operator.

A transport operator is a finite set of operations, among which there is no operation with the same initial threes. In general, aggregate (2) means a logical operation which can be used for management of transport process at some stage of its development. When considering all possible types of logical operations a set D is used, which characterizes the response of the controlling unit q_j :

$$D = \{ST, RE, EX, R, L, R(S_k)\}, \quad (5)$$

where ST – a command to move one step in the direction of travel; RE – a command to change a direction of motion; EX – a command to wait or stop; R – a command to change a direction of motion to the right, and L – to the left; $R(S_k)$ – command to perform a single step from zone R to zone S_k .

Using the described technology, the authors consider the behavior of flow V^i . Its description will be:

$$\begin{aligned} & \frac{V_i^{ub}}{q_0} \text{BST} \frac{V_i^{ub}}{q_1}; \frac{V_i^{ub}}{q_1} \text{BST} \frac{V_i^{ub}}{q_2}; \dots; \frac{V_i^{ub}}{q_{b-1}} \text{BST} \frac{V_i^{ub}}{q_b}; \frac{V_i^{ub}}{q_b} \text{BR} \frac{V_i^{us}}{q_0}; \\ & \frac{V_i^{us}}{q_0} \text{BST} \frac{V_i^{us}}{q_1}; \frac{V_i^{us}}{q_1} \text{BST} \frac{V_i^{us}}{q_2}; \dots; \frac{V_i^{us}}{q_{s-1}} \text{BST} \frac{V_i^{us}}{q_s}; \frac{V_i^{us}}{q_s} K_l L \frac{V_i^{ux}}{q_0}; \\ & \frac{V_i^{ux}}{q_0} \text{BST} \frac{V_i^{ux}}{q_0}; \frac{V_i^{ux}}{q_0} C_f \text{EX} \frac{V_i^{ux}}{q_0}; \frac{V_i^{ux}}{q_0} B(d) ST(d) \frac{V_i^{ux}}{q_0}; \\ & \frac{V_i^{ux}}{q_0} \text{TU}(c) \text{TU}(o) \frac{V_i^{ut}}{q_0}; \\ & \frac{V_i^{ut}}{q_0} \text{TU}(o) ST \frac{V_i^{ut}}{q_0}. \end{aligned} \quad (6)$$

In (6) K_l – line of the last ticket desk, behind which a passenger turns to the left to one of turnstiles TU_s ; s – number of steps that a passenger will make to the first turn to the left; b – number of steps that a passenger will make to the first turn to the right; x – number of steps after the turn to the turnstile z; t – phase of passenger movement after passing the turnstile z; C_f – passengers of a ticket desk f, forming a queue at the entrance to the platforms of commuter trains; TU(c), TU(o) – open and closed turnstiles, respectively.

In the description of behavior of passenger flow (6) not all of them after going down from the escalator, turn to the right to the entrance to commuter trains platforms. They can make a few steps forward, and then turn to the left. This choice depends on many factors: physical, mental state, the state of space (whether it is free), etc., and because of this it is modeled on the basis of a random dependence:

$s_i = 10 \cdot p_i$ (7) where p_i – a random number between 0 and 1, rounded to the first digit after decimal place.

Given the characteristics of TIH planning structure, it is possible to assume that passenger flows V^i, V^m, V^p , moving past ticket desks to the turnstiles of the entrance to commuter trains platform, when it is large, should move through long queues to ticket desks. This situation in description of a flow (6) is modeled by the following fragment:

$$\frac{V_i^{ux}}{q_0} C_f \text{EX} \frac{V_i^{ux}}{q_0}; \frac{V_i^{ux}}{q_0} B(d) ST(d) \frac{V_i^{ux}}{q_0}. \quad (8)$$

Set of expressions (9) characterize the behavior of a passenger flow C^{uk} , the subjects of which need to buy ticket at TIH ticket desks:

$$\begin{aligned} & \frac{C_i^{uk}}{q_0} \text{BST} \frac{C_i^{ukb}}{q_1}; \frac{C_i^{ukb}}{q_1} \text{BST} \frac{C_i^{ukb}}{q_2}; \dots; \frac{C_i^{ukb}}{q_{b-1}} \text{BST} \frac{C_i^{ukb}}{q_b}; \frac{C_i^{ukb}}{q_b} \text{BR} \frac{C_i^{uks}}{q_0}; \\ & \frac{C_i^{uks}}{q_0} \text{BST} \frac{C_i^{uks}}{q_1}; \frac{C_i^{uks}}{q_1} \text{BST} \frac{C_i^{uks}}{q_2}; \dots; \frac{C_i^{uks}}{q_{s-1}} \text{BST} \frac{C_i^{uks}}{q_s}; \frac{C_i^{uks}}{q_s} K_l L \frac{C_i^{ukf}}{q_0}; \\ & \frac{C_i^{ukf}}{q_0} \text{BST}(f) \frac{C_i^{ukf}}{q_0}; \frac{C_i^{ukf}}{q_0} C^{kf} \text{EX} \frac{C_i^{ukf}}{q_0}; \frac{C_i^{ukf}}{q_0} B(d) ST(df) \frac{C_i^{ukf}}{q_0}; \\ & \frac{C_i^{ukf}}{q_0} K_f \text{EX}(t) \frac{C_i^{ukh}}{q_1}; \frac{C_i^{ukh}}{q_1} K_f R \frac{C_i^{ukh}}{q_0}; \frac{C_i^{ukh}}{q_0} \text{BST}(z) \frac{C_i^{ukh}}{q_0}; \end{aligned} \quad (9)$$

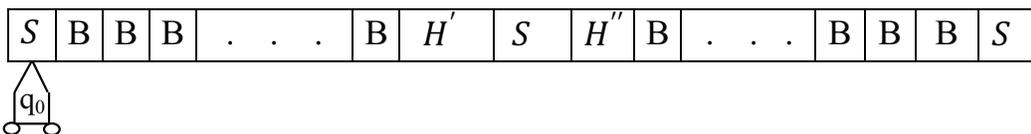


Fig. 3. Division of TIH space into zones.

$$\frac{C_i^{ukh}}{q_0} TU_z(c) TU_z(o) \frac{C_i^{ukh}}{q_0}; \frac{C_i^{ukh}}{q_0} TU_z(o) ST \frac{C_i^{ukt}}{q_0}.$$

Here f is a phase of a passenger movement from the moment of choice of a ticket desk to the purchase of a ticket; C^{kt} – passenger flow, waiting in a queue to be served at a ticket desk; K_f – ticket desk with number f ; $EX(t)$ – time, which is taken by a cashier to sell a ticket; h – phase of passenger movement from the purchase of a ticket to the turnstiles.

In describing C^{uk} (9) a passenger after turning to the left to the ticket desks, make a decision to which ticket desk he will move. He makes it, judging from the length of a queue in front of each ticket desk, according to the expression:

$$K_i = \min_i \{R_1, R_2, \dots, R_i\}, \quad (10)$$

where R_i is a length of the queue in front of i -th ticket desk, and a passenger chooses the one with the minimum queue among f ticket desks. Thereafter C^{uk} converts to the symbol C^{ukt} , which means the beginning of a new phase – movement $ST(f)$ to the selected ticket desk f occurs. This phase continues until a passenger reaches the «back» of the last person, waiting for a ticket, in this queue.

A passenger, while he is in the queue, cannot make a full step, as the zone in front of him is occupied. Then he begins to move «slowly» making incomplete step. If a part of the zone with the size $B(d)$ is released, and then a passenger respectively makes a step with the size $ST(d)$. Virtually in space there are many grids with different sampling increment d .

Passenger flows C^{mk} and C^{pk} are described similarly.

The simplest flows are flows of passenger arriving at TIH, because they do not have to solve any problem, except one: to exit TIH. For example, passengers W^{pu} from «intercept» parking

move directly through the distribution hall to the escalator (11):

$$\begin{aligned} & \frac{W_i^{pu}}{q_0} EPST \frac{W_i^{pub}}{q_1}; \frac{W_i^{pub}}{q_1} BST \frac{W_i^{pub}}{q_2}; \dots; \\ & \frac{W_i^{pub}}{q_{b-1}} BST \frac{W_i^{pub}}{q_b}; \frac{W_i^{pub}}{q_b} BR \frac{W_i^{pur}}{q_0}; \\ & \frac{W_i^{pur}}{q_0} BST \frac{W_i^{pur}}{q_0}; \frac{W_i^{pur}}{q_0} W_i^{pur} EX(r) \frac{W_i^{pur}}{q_0}; \\ & \frac{W_i^{pur}}{q_0} B(d) ST(d) \frac{W_i^{pur}}{q_0}; \\ & \frac{W_i^{pur}}{q_0} ESST \frac{W_i^{puc}}{q_0}, \end{aligned} \quad (11)$$

where EP – line of the entrance to the second floor of TIH from «intercept» parking; $EX(r)$ – time spent by a passenger, waiting to enter the escalator; ES – line of escalators operating in descending direction; e – index of a passenger who has left the second floor of TIH.

Using fragments describing TIH passenger flows it be seen that the most difficult situation for the organization of passenger traffic at a given architectural and planning solution, is in the central part of the 2nd floor of TIH.

Conclusions. Application of the technology of the formalized description of TIH passenger flows makes it possible to systematize understanding of the processes occurring in TIH and to analyze general properties of transport systems, abstracting from the details specific to each mode of transport or a system, as well as to take into account logical dependencies in the organization of passenger traffic and passenger movement.

Keywords: transport interchange hubs, passenger transportation, mathematical modeling, passenger flows, passenger behavior logic.

REFERENCES

1. Evreenova, N. Yu. Simulation of passenger traffic in transport interchange hubs // Proceedings of the International scientific-practical conference «Problems and prospects of development of transport». In 2 Vol. Vol. 2. [Modelirovanie passazhiropotokov v transportno-peresadochnykh uzлах // Trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Problemy i perspektivy razvitiya transporta». V 2t. T. 2.]. Moscow, MIIT publ., 2013, 333 p., pp. 95–102.
2. Doenin, V. V. Modeling of transport processes and systems [Modelirovanie transportnykh protsessov i system]. Moscow, «Kompaniya Sputnik +» publ., 2012, 288 p.
3. Doenin, V.V., Lay Man Zung, Lyapunsova, E. V. Logical-different models of the motion of transport objects [Logiko-raznostnye modeli dvizheniya transportnykh obektov]. Estestvennye i tehicheskie nauki. 2012, No. 2, pp. 474–480.

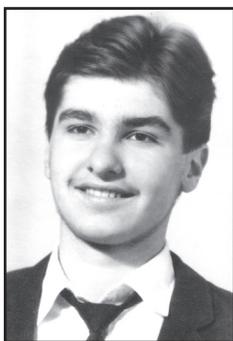
Координаты авторов (contact information): Вакуленко С. П. (Vakulenko, S. P.) – k-gdsu@mail.ru, Дое-нин В. В. (Doenin, V. V.) – vidovas@mail.ru, Евреенова Н. Ю. (Evreenova, N. Yu.) – nevreanova@mail.ru.

Статья поступила в редакцию / article received 02.05.2014
Принята к публикации / article accepted 04.07.2014





«Городская электричка». Пора поговорить?



Виталий ОРЛОВ

Vitaly A. ORLOV

До сих пор так и не определилось до конца отношение специалистов к целесообразности использования железнодорожных веток, проходящих по территории крупных городов, для местных пассажирских перевозок. Проблема такого рода есть в Москве и других российских мегаполисах. В данном случае речь идет о «городской электричке» в белорусской столице Минске, где сформированы целевые пассажирские линии и сопутствующая им инфраструктура. И это делается в соответствии со стратегией развития городской транспортной сети, на основе координации маршрутов разных видов транспорта и пассажиропотоков, которые отвечали бы потребностям населения. Автор полемически заостряет тему и ставит вопросы, вполне правомерные для нынешнего дня.

Ключевые слова: городской транспорт, пригородно-городское сообщение, городские участки железных дорог, совмещенные маршруты, пассажиропотоки, координация видов транспорта.

Орлов Виталий Андреевич – ведущий инженер государственного учреждения «Столичный транспорт и связь», Минск, Республика Беларусь.

Сначала строительства в Минске «городских линий» (2009 г.), а также самого предложения об их прокладке (2008 г.) я по мере своих сил в разговорах с сослуживцами и вообще где приходилось старался указать на многочисленные заблуждения и неточности, связанные с модернизированным видом транспорта. Кстати, раньше он и назывался более понятно – «городская электричка» и только спустя год-полтора стал именоваться «городские линии».

«ПОГРАНИЧНЫЙ» КОНФЛИКТ

Первым и главным предметом разногласий считаю то, что отсчёт времени появления внутригородских перевозок пассажиров железнодорожным транспортом следует вести с момента, когда для идущих через Минск поездов расписанием движения были предусмотрены остановочные пункты/станции, расположенные в его черте. Желательно, чтобы их названия сегодня что-то говорили нам – потомкам тех, кто в 1871 году встречал первые составы, следовавшие по линии Смоленск–Орша–Минск–Брест. А уж если бы районы городской

черты, в которых эти самые остановки и станции располагались, тоже совпадали с современными представлениями о границах города, предмет спора оказался бы исчерпан. После 140-летия нашего основного железнодорожного диаметра, которое отмечалось сравнительно недавно, появилось немало полезной информации, позволяющей уточнить детали прошлого, в том числе узнать, какая из «ближних» станций служила городской остановкой для тех или иных поездов в далекое царское время.

Но вопрос начала выполнения внутригородских перевозок железнодорожным транспортом я всё же предлагаю не относить к периоду появления основной железной дороги именно для того, чтобы черта границы города представлялась нам более явно, а остановочные пункты носили привычные названия. Тем самым мы переносимся в XX век. И несмотря на то, что железнодорожная карта пригорода 1920–1930-х годов будет ближе и понятнее, предлагаю дополнить критерии поиска, отнеся рассматриваемый вопрос к послевоенному времени. Во-первых, современные границы Беларуси обрела после Великой Отечественной войны. Во-вторых, весомое условие, от которого стоит вести отсчёт начала внутригородских перевозок в Минске мотор-вагонным подвижным составом — электрификация.

Как известно, первым участком магистрали, на которой она была осуществлена, стал Минск—Олехновичи в декабре 1963 года (так что после 150-летия Белорусской чугунки наступил золотой юбилей и самого прогрессивного вида тяги). Значит, возможность осуществить поездку электропоездом в черте столичного города его жители и гости получили примерно полвека назад.

Город (и окрестности) уже имели привычные очертания, а названия выполняемых «электричками» остановок были знакомы на слух. По иронии судьбы, Ждановичский участок (нынешние «городские линии») — это Молодечненское (т. е. Олехновичское) направление. К слову, Борисовское, Столбцовское и Осиповичское направления электри-

фицировали в 1973–1975 годах (так что доехать с вокзала в «Колядичи», «Колодищи», «Курасовщину» минчане могли уже тогда). Сегодня же протяжённость электрифицированных железнодорожных путей в черте г. Минска, по которым курсирует пригородный моторвагонный подвижной состав, почти 50 км.

ЧЕТВЕРТЫЙ ИЛИ ШЕСТОЙ?

Возможно, утверждение о том, что внутригородские железнодорожные перевозки электропоездами выполняются вот уже столько лет, кого-то и удивит, однако это действительно так. Строго говоря, «городские линии» представляют собой их усовершенствование на одном из участков, хотя и сделанное на самом высоком уровне. Что является основанием для такой квалификации? В одном из месячных расписаний значится 70 с лишним электропоездов в Борисовском, Молодечненском, Оршанском и Столбцовском направлениях, а помимо хорошо известных теперь «Минск-Северный», «Масюковщина», «Лебязий» и «Ждановичи» в городе ещё восемь подобных остановочных пунктов.

Ещё раз повторяю, что приобретя билет на вокзале, пассажир уже в конце 1963 — начале 1964 года имел возможность доехать до тех же «Радиаторного» и «Ждановичей» электропоездом. Проследовать поездом до расположенной в черте современного Минска остановки по одному из четырёх нынешних железнодорожных радиусов наши родители, деды, прадеды могли гораздо раньше — со времени, как для проходящих поездов (хоть на паровозной тяге) было предусмотрено выполнение той или иной из них. А то, что для некоторых пассажирских поездов (внутриреспубликанских) предусматривалась остановка на ст. «Минск-Восточный»? Не знаю, продавались ли для пользования ею билеты в кассовой системе «Экспресс», но через «Колодищи»/«Озерище» уехать и приехать проходящим поездом вроде сейчас можно (электричкой — само собой).

По данным статистики, Белорусская железная дорога в пригородном (включая внутригородское) сообщении в 2008 году (начало прокладки «городских линий»)





перевезла 71,9 млн человек. Какая их часть следовала в городской черте? Учитывая, что на Минский узел приходится 50% всего пригородного пассажирооборота республики, а среднее расстояние перевозки 1 пассажира (47,5 км) в переломлении к длине каждого из железнодорожных радиусов очень относительно, можно говорить о 9 млн пользователей городских участков сети.

С учётом сказанного, «городские линии» справедливо считать четвертым видом пассажирского транспорта Минска — после автобуса (1924 г.), трамвая (1929 г.) и троллейбуса (1952 г.). Ведь он «родился» в 1963 году ранее маршруток (1974 г.) и метрополитена (1984 г.), которым в пору давать пятый и шестой порядковые номера в послужном списке общественного городского транспорта.

Но, быть может, внутригородские и пригородные перевозки пассажиров «электричками» отличаются как небо и земля? Нет, хотя бы потому, что внутригородские остаются их составной частью (это подтверждает, к примеру, обращение поездов «городской электрички» до Заславля). Правда, железнодорожники подчёркивают невиданный ранее уровень удобств для пассажиров «городских линий». Особых слов похвалы удостоивается при этом поезд Flirt швейцарского производства. Но, позвоьте, разве он может быть иным? Изготовленный промышленно развитой страной, имеющей к тому же давние железнодорожные традиции?

Швейцарию, так сказать «железнодорожную», отличает метровая колея и тотальная электрификация сети. В 1960–1970-е годы там (как и в Германии) не были закрыты трамвайные сети (что говорит о самостоятельности государственных решений и устойчивости стратегии в вагоностроении). В стране «банков, часов и сыра» образцовым, несмотря на гористую местность, является расселение. В схожей с Беларусью по численности населения Швейцарии самый крупный город Цюрих имеет 360 тыс. жителей (а в столице Берне живёт всего 180 тыс.чел.). Вот где прямо по науке могут выполняться пригородно-городские железнодорожные перевозки.

РАЗМЫТЫЕ ВЫГОДЫ

Возвращаясь к похвалам швейцарским поездам, остановлюсь на провозной способности последних. Это, согласимся, очень важный показатель для любого вида пассажирского транспорта. Мало того, он является определяющим при выборе того или иного из них и, добавим, главным условием проектирования трамвая, метро, тем паче — городской железной дороги. Так вот, в привычном нам старой рижской постройке ЭР-9 только сидячих мест — тысяча (по 68 в головных вагонах, 110 — в трех безмоторных и 107 — в пяти моторных промежуточных вагонах). А вот в швейцарском ЭП^Г таких мест всего 260.

К локомотивному депо «Минск-Северный» приписано 52 состава ЭР-9 и в своём большинстве они 10-вагонные (есть и 8-вагонные); девять из них были переданы Барановичскому отделению. Сколько понадобится швейцарских поездов, чтобы «перекрыть» прежнюю минскую провозную способность? Вопрос не праздный, учитывая: а) затраты на приобретение моторвагонного подвижного состава той или иной постройки; б) неритмичность обновления.

Рассуждая о дальнейшем обновлении парка, предположим, что Белорусская железная дорога связывает его с этим самым «швейцарцем» — не зря же Flirt испытывался на участке Брест—Барановичи—Минск (межобластное движение), да и сами перевозки по «городским линиям» осуществляются до Заславля (т. е. относятся к разряду пригородных), причём для них предназначены не все 10 заказанных составов. Озвучены и планы досборки швейцарских же рельсовых автобусов Stadler (1–2-вагонный дизель-поезд) «Белкоммунмашем».

Скажут, мол, помимо СНИП (с их «провозной способностью») есть другие руководящие документы, хотя бы принятое уже на излёте СССР, в апреле 1989 года, коллегией МПС постановление о совершенствовании пригородных перевозок, предусматривавшее «при развитии и реконструкции крупных железнодорожных узлов прорабатывать целесообразность использования наземных железных дорог для удовлетворения

потребностей населения в городских и пригородных поездках (с привлечением финансовых и материальных ресурсов местных советов и предприятий)».

Повторю: в Минске внутригородские перевозки пассажиров железнодорожным транспортом выполнялись, имели место. Другое дело, что целый ряд остановочных пунктов находится в промузлах, а это затрудняет подвоз пассажиров и увеличивает для них величину пешеходных подходов от/до объектов тяготения. Транспортно-пешеходные связи могут быть дообстроены только на части из них; к примеру, увеличению использования жителями населённых пунктов Колодищи, Озерище электропоездов Московского направления сдерживает де-факто их транзитное движение до вокзала (из-за прохождения через промузел тракторного завода). С другой стороны, при проезде даже с пересадкой (автобус/метро, другие виды городского транспорта) населению обеспечена значительно большая география поездок. Кроме того, в целях снижения шумового и вибрационного воздействия на прилегающую к железной дороге застройку жилые массивы располагают на удалённом расстоянии от путей, что лишает потенциальных пользователей выигрыша во времени и расстоянии.

ОБНАДЕЖИВАЮЩИЕ СИМПТОМЫ

Открытие «городских линий», освоение швейцарского электропоезда не должны вызвать недооценку существующих видов городского транспорта, который, так сказать, «по уставу» предназначен для перевозок жителей и гостей Минска. Существующая сеть общественного транспорта из пяти видов исключительно развита и является той основой, которую нужно беречь и сохранять. Обязательно должен быть отмечен небывалый взлёт отрасли в последние годы:

- удалось полностью заменить трамвайные вагоны;
- низкопольными стали 80% троллейбусов и две трети городских автобусов;
- свыше 60% автобусного парка оборудовано малотоксичными двигателями уровня Евро-3, а ещё около 10% – Евро-4;

- около 90% городских автобусов используют автоматические коробки передач, почти на 45% троллейбусов установлены двигатели переменного тока.

При этом около 70% перевозок пассажиров выполняются метро, трамваями и троллейбусами, работающими на единственно эффективной в условиях города электротяге. Такого рода транспорт не только развивается, но и приносит отрасли доход. Особо хочется подчеркнуть обнадёживающий симптом 2010 года – прекращение падения объёма перевозимых пассажиров.

Искусственного же перераспределения пассажиропотока среди различных видов транспорта с последующим (на этом основании) выводом о востребованности «любимого детища» следует избегать. А экономическая целесообразность? Никто ведь не поставил вопрос следующим образом: «Обустройство «городских линий» железнодорожниками – столько-то млрд руб., а параллельного ему участка городского транспорта с развязкой над 2-м кольцом, подземными пешеходными переходами (пл. Цеткин и т. п.), покупкой автобусов/троллейбусов сверхвысокой вместимости (3-звенных длиной 24 м, причём в той же Швейцарии), организацией их работы в экспрессном сообщении и по «зелёной волне» – столько-то; выбор транспорта для обслуживания «ждановичского коридора» – столько-то. А как сравнить эти затраты».

Трудно отвечать о ситуации с пригородно-городскими перевозками пассажиров железнодорожным транспортом в Минском узле при превалирующих ведомственных подходах к развитию городских путей сообщения. Но некоторые варианты ее улучшения касаются прежде всего совершенствования существующих и обустройства дополнительных транспортно-пешеходных связей вблизи остановочных пунктов электропоездов, расположенных в черте Минска. Это обеспечит увеличение населённости «электричек», востребованность самого вида перевозок. Пример тому – взаимодействие городского пассажирского и железнодорожного транспорта в период капремонта ул. Маяковского,





имея в виду увеличение числа поездов от Лошицы в направлении центрального столичного вокзала и обратно. Тогда внимание обратили и на обустройство дорожек, освещения, и на ограждение путей.

РАЗВЯЗКИ ЖДУТ НЕ ТОЛЬКО ПЕРЕЕЗДЫ

Увы, в пользу предположения, что в Минске создаются избыточные предложения транспортных услуг, тогда как пассажирские перевозки в остальной республике испытывают нехватку необходимого, есть основания. Безусловно, с установкой ограждения вдоль линии до ст. Ждановичи и особенно с открытием подземных пешеходных переходов (в т. ч. на «Лебяжьем» и «Масюковщине») безопасность пассажиров, как и движения в целом, выросла на порядок. Но если на чашу весов положить этот выигрыш, а на другую — одноуровневые (в т. ч. нерегулируемые) переезды на участках железной дороги остальной республики, включая находящиеся в черте многих городов, то где обеспечение «разноуровневости» окажется важнее?

Деньги просто так не достаются — это верно и для служащего, и отрасли, и страны в целом. Значит, предполагается очерёдность — в нашем случае общестроительных, земляных и подземных работ. «Развязывание» одноуровневых железнодорожных переездов в областных и районных городах — первейшая из задач. Многие из нас летом превращаются в пассажиров южного направления и видят железнодорожные переезды со шлагбаумом не только в Бобруйске или Гомеле. Строительство разноуровневых переездов должно стать альфой и омегой, последовательно выполняясь в областных, затем — районных городах, на четырех главных направлениях Белорусской ж. д. и сети в целом.

Подземных пешеходных переходов в Минске примерно 50. Учитывая, что в областных городах проживает 300–500 тыс. человек, там их должно быть по 8–15, а сколько в действительности? В Гомеле — 2, Витебске — 3 (причём по одному в составе железнодорожных вокзалов), в Бресте «вневокзальный»

появился только с открытием пр. Республики несколько лет назад, в некогда областном Молодечно их не построили до сих пор и т. д.

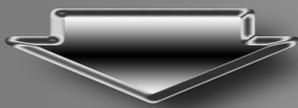
Путь отраслей к финансовой независимости (имея в виду разделение той же железной дороги на «движенческую» и «сооруженческую» составляющие) очень долгий. Но деньги, в том числе на «городские линии», все равно общенародные, и такой «вилки», при которой до Жданович уложен третий электрифицированный путь с подземными переходами, а полесская (и не она одна) дорога однопутная на тепловозной тяге, где пригородные перевозки пассажиров выполняются «машкой» с построенными в Демихове по рижскому подобию вагонами, — не должно быть.

Непосредственно по Минску требование к железнодорожникам: полный вынос грузового движения. Что это такое: «По 2-му пути на Борисов проследует грузовой, будьте внимательны!» (ст. «Минск-Восточный») или останавливающиеся на путепроводе над ул. Толстого «наливняки»?

Как-то невольно за скобками моих полемических заметок остается в тени напряженный и искусный труд путейцев, проектировщиков «городских линий» (а это основанный в 1938 году «Белжелдорпроект»), монтажно-строительных служб дорожного подчинения. Полагаю, надо в любом случае отдать им должное и одновременно попытаться посмотреть на затронутые проблемы еще и с точки зрения их профессионального интереса. Оценка ситуации изнутри может оказаться совсем иной.

ЛИТЕРАТУРА

1. История Белорусской железной дороги. Из века XIX — в век XXI / В.В. Яновская и др. — Минск: Мастацкая літаратура, 2012. — 955 с.
2. Транспорт и связь в Республике Беларусь. Статистический сборник. — Минск, 2014.
3. Персианов В.А., Мухаметдинов И.Б. Магистрализация городских путей сообщения на базе наземных линий рельсового транспорта // Вестник транспорта. — 2009. — № 11. — С. 10-16.
4. Вучик В. Р. Транспорт в городах, удобных для жизни: Пер.с англ. — М.: Территория будущего, 2011. — 576 с.
5. Мазуркина О. Н. Москва Новая — приоритеты старые // Мир транспорта. — 2013. — № 4. — С.114–117. ●



РЕЗЮМЕ РЕДАКЦИИ

В первую очередь нужно еще раз подчеркнуть полемический характер публикации, автор сознательно заостряет некоторые проблемы, вполне отдавая себе отчет в том, что могут существовать и другие точки зрения. При публикации редакция исходила не из важности решения отдельных вопросов или правильности подходов при реализации проблем развития системы обслуживания пассажиров с использованием городских линий пригородных поездов, а из возможности начать дискуссию по оценке и систематизации опыта создания мультимодальных пассажирских систем в мегаполисах. Многие вопросы (если абстрагироваться от некоторой естественной специфики каждого города) универсальны.

Они возникают в периодической печати при обсуждении тех или иных решений муниципальных властей, но носят несистемный, локальный или вообще конъюнктурный характер. А ведь с учетом все большего развития сложных городских транспортных систем возникает реальная потребность в их научном многоплановом осмыслении. И здесь есть явный дефицит серьезной аналитики и желания изменить ситуацию.

С одной стороны, имеются многочисленные научные школы в сфере городского планирования, причем часть из них сфокусирована на интеграцию транспортных систем с точки зрения оптимизации обслуживания пассажиров (напомним о публикации в нашем журнале материалов В. Вучика). Это объясняется тем, что транспортное обслуживание — краеугольный камень любого планирования в сфере урбанистики.

С другой стороны, целый ряд методологических проблем находится на условной «границе» урбанистики, муниципального управления и специфических транспортных исследований. Многие из них, по нашему мнению, имеют отношение именно к транспортной науке, а есть и такие, и их немало, которые должны стать таковыми не опосредованно, как сейчас, а самым непосредственным образом.

Примеров разноплановых задач, нуждающихся в систематизации, множество. Допустим, является ли (или точнее — с какого момента становится) пригородный железнодорожный транспорт гармоничной частью системы городского транспорта или остается неким внешним компонентом, принимаемым в расчет из-за наличия малообеспеченного пассажиропотока в городской черте. Являются ли чисто внутригородские железнодорожные линии (планируемое «Московское кольцо») новым видом городского транспорта? Какие оптимальные формы интеграции управления (координации, согласования) наличными видами транспорта, вовлеченными в городскую транспортную систему, на городском уровне нужно развивать? Как согласовывать действия субъектов управления федерального, городского уровней?

Подобные вопросы относятся не только к интеграции внутригородских или проходящих через город железнодорожных линий, но и к метрополитену, к примерам различной подчиненности и собственности наземных видов транспорта, линиям скоростного трамвая, в том числе и к тем, которые начинаются в городе, но выходят в пригород.

Нужна ли вообще какая-то систематизация и унификация в подходах к организации городской транспортной сети, развитию отдельных видов транспорта или любой такого рода вопрос в каждом случае (городе) должен решаться индивидуально? За кем надо закрепить изучение влияния расчетов оптимальных пассажирских потоков на технические требования к транспортным средствам, какая отрасль транспортной науки должна интегрировать технико-технологические подходы к формированию внутригородских транспортно-пересадочных и транспортно-логистических узлов?

Если на уровне формирования вокзальных комплексов в последнее время возникли определенные сдвиги, появилась некая комплексность, то в сфере взаимодействия курсирующих в мегаполисах видов транспорта (городской «мультимодальности») нужны новые идеи и системные подходы.





«URBAN TRAIN»: IS IT TIME TO TALK?

Orlov, Vitaly A. – senior engineer of state institution «Metropolitan transport and communication», Minsk, Belarus.

ABSTRACT

Specialists have not yet finally decided on reasonability to use railway spurs which pass through the major cities for local passenger transportation. The problem of this kind exists in Moscow and other Russian cities. In this article the author raises a problem of «urban train» in Minsk, capital of Belarus, where passenger lines and related infrastructure have been formed. And this is done in accordance with the strategy of urban transport network development in coordination of different types of transport routes and passenger flows, which meet the needs of the population. The author polemically sharpens the subject and raises questions, which are quite crucial for the present day.

ENGLISH SUMMARY

Background. From the beginning of «urban lines» construction in Minsk (2009), as well as proposals to build them (2008) the author in his conversations with colleagues and generally everywhere, where it was appropriate, tried to point out the numerous errors and inaccuracies associated with modernized mode of transport. Formerly the title «urban train» had been used and only after a year and a half the project was called «urban lines».

Objective. The objective of the author is to investigate some issues concerning «urban lines» project, which is being implemented in Belarus.

Methods. The author uses historical method, analysis and comparison.

Results.

«Border» conflict

The author considers as the first and foremost matter of controversy the time period when urban rail transportation appeared. The author believes that intercity passenger transportation by rail appeared when timetables provided stopping points / stations within Minsk limits for trains going through the city. It is desirable that their names could tell us something today, as we are descendants of those who in 1871 met the first trains on the line Smolensk-Orsha-Minsk-Brest. And if areas of city limits in which these stops and stations were located, also coincided with the modern concepts of the city limits, the subject of the dispute would have been exhausted. After the 140th anniversary of core rail diameter, which has been celebrated relatively recently, now there is a lot of useful information to clarify the details of the past, in particular to find out which of the «nearby» stations served as city stops for trains in czarist days.

But the author proposes not to refer the question of the beginning of intercity rail transportation to the period of emergence of the main railway because we can imagine city limits more clearly, and stopping points will bear their usual names. Thus, we are transported into the twentieth century. And despite the fact that the railway suburb map of 1920–1930-ies will be more understandable, the author proposes to supplement the search criteria, referring the issue to the postwar time. First, Belarus gained its current borders after the Great Patriotic War. Secondly, a weighty condition from which it is worth to count the beginning of urban rail transportation in Minsk is electrification.

As it is known, the first section of the main line, where electrification was carried out, became Minsk-

Olekhnovichi in December 1963. Hence, an opportunity to conduct a trip by train within capital city limits its residents and visitors got about half a century ago.

City (and vicinity) already had the usual shape, and the names of «suburban trains» stops were familiar to the ear. Ironically, Zhdanovichi section (current «urban lines») – is Molodechno (i. e. Olekhnovichi) direction. By the way, Borisov, Stolbtsovo and Osipovichi directions were electrified in 1973–1975 years. Today, the length of electrified railway lines within Minsk city limits is nearly 50 km.

The fourth or the sixth?

Perhaps somebody will be surprised that intercity rail transportation has been carried out for so many years, but it's true. Strictly speaking, «urban lines» are an improvement of already existed system on one of sections, though made at the highest level. What is the reason for this qualification? In one of the monthly schedules there are more than 70 electric trains in Borisov, Molodechno, Orsha and Stolbtsovo directions, and in addition to well-known «Minsk-North», «Masyukovshina», «Lebyazhiy» and «Zhdanovichi» there are also eight similar stopping points.

A passenger in late 1963 – early 1964 had an opportunity to get to stations «Radiatorniy» and «Zhdanovichi» by electric train.

According to statistics, Belarusian Railways in commuter communication (including intercity) carried 71, 9 million people in 2008 (the beginning of «urban lines» construction). Which part was within city limits? Minsk railway junction accounts for 50% of all commuter passenger traffic of the country, and the average transportation distance of one passenger (47,5 km) in relation to the length of each rail radius is very relative, and it is possible to talk about nine million users of urban sections of the railway network.

In light of the foregoing, «urban lines» are rightly considered as the fourth type of Minsk passenger transport – after bus (1924), tram (1929) and trolleybus (1952). After all, it appeared in 1963 before minibuses (1974) and metro (1984), which might get the fifth and sixth serial numbers in the record of the urban public transport.

But maybe, urban and suburban passenger transportation by «suburban trains» is quintessentially different? It is not true because intercity transportation remains part thereof. However, railroad specialists emphasize an unprecedented level of convenience for passengers of «urban lines». Train Flirt of Swiss production receives a special word of praise. But how can it be otherwise? This train is manufactured by industrialized country, besides having long rail traditions.

Distinctive features of «rail» Switzerland are meter gauge and total electrification of the network. In the 1960–1970-ies there (as in Germany) tram networks were not closed (which means independence of governmental decisions and strategy sustainability in car building). In the country of «banks, watches and cheese», despite the mountainous terrain, resettlement is exemplary. In Switzerland, which is similar in its population number similar with Belarus, the largest city, Zurich has 360 thousand inhabitants (and in the capital Bern live 180 thousand people). In the author's opinion, in that country suburban-urban rail transportation has the best chances to be implemented.

Blurry benefits

The author then focuses on the carrying capacity of the Swiss trains. It is a very important parameter for any kind of passenger transport. Moreover, it is decisive in choosing one or the other of them and a key condition for designing tram, metro, even more urban railway. So, in the accustomed Riga built train ER-9 – there is one thousand of seats. But in the Swiss train EP² there are only 260 seats.

In the locomotive depot «Minsk-North» there are 52 trains ER-9 and they have mostly 10 cars (there are 8-car trains); nine of them were transferred to Baranovich department. How many Swiss trains are required to «cover» the former Minsk carrying capacity? It is not an idle question, given: a) the cost of purchasing a motor-car rolling stock of a particular construction; b) irregularity of modernization.

Arguing further upgrading of the fleet, we assume that the Belarusian Railway associates it with this Swiss train – Flirt was tested at Brest- Baranovich-Minsk section (inter-regional movement), and transportation on «urban lines» is performed to Zaslavl (i. e. it is classified as suburban), and not all of 10 ordered trains are designed for them. Plans have been announced for further assembly of Swiss rail buses Stadler (1–2-car diesel train) by «Belkommunmash». The author emphasizes: in Minsk intercity transportation of passengers by rail took place. Another thing is that a number of stopping points is located in industrial centers, making it difficult for passengers to get to them and increasing the length of pedestrian approaches from / to necessary objects. Transport and pedestrian links can be further developed only on a portion of them; for example, an increase in the use of electric trains of Moscow direction by residents of settlements Kolodishchi, Ozerische is restrained by their de facto transit movement to the railway station (due to passing through the industrial hub of a tractor plant). On the other hand, even traveling with transfers (bus / metro, and other types of urban transport) provides a significantly greater geography of trips for population. In addition, in order to reduce noise and vibration impacts on buildings adjacent to the railway, residential areas are located on a remote distance from the railway tracks that deprive potential users of gain in time and distance.

Encouraging signs

Opening of «urban lines», use of a Swiss electric train should not cause underestimation of existing urban transport, which is designed to transport residents and guests of Minsk. The existing public transport network of five transport modes is exclusively developed and should be protected and preserved. The author marks an unprecedented growth in the industry in recent years:

- tram cars were completely replaced;
- 80% of trolley buses and two-thirds of city buses became low-floor;
- more than 60% of the bus fleet was equipped with low toxicity engines Euro-3, and another 10% with Euro-4;
- 90% of buses use automatic transmissions, AC motors were mounted at almost 45% of trolley buses.

However, about 70% of passenger transportation is carried out by metro, trams and trolley buses running on electric traction. This kind of transport is not only growing, but is also bringing revenue for the industry. An encouraging sign of 2010, which should also be noted, is termination of decrease in passenger transportation volume.

But artificial redistribution of passenger traffic among various modes of transport should be avoided. And what about cost-effectiveness? Nobody has raised the question as follows: «Construction of «urban lines» costs so much bln. rub, and construction of urban transport section, parallel to it, with certain interchanges, pedestrian crossings etc. costs so much. And how these costs should be compared».

It is difficult to respond about the situation with suburban-urban passenger transportation by rail in Minsk junction under prevailing governmental approaches to development of urban means of communication. But some versions of its improvements relate primarily to the improvement of existing and construction of additional transport and pedestrian links near stopping points of trains located within Minsk city limits. This will ensure an increase in occupancy of «urban trains», the demand of this mode of transport. An example is interaction of urban passenger and rail transport during overhaul of Mayakovskiy Street, with an increase in the number of trips from Loshitsa towards the central station of the capital and back. At that time, attention was paid to improvement of paths, lighting, fencing of tracks.

Not only crossings are waiting for interchanges

Alas, there are reasons for the assumption that in Minsk an excess supply of transport services is created, while passenger traffic in the rest of the country suffers a shortage of the necessary. Of course, the safety of passengers, as well as movement in general, has grown considerably with installation of fencing along the line to the station Zhdanovich and especially the opening of pedestrian undercrossings (including at «Lebyazhiy» and «Masyukovshina»). But if this achievement is compared with sibling (including unregulated) crossings on railway sections in the rest of the country, including those in the precincts of many cities, where the provision of «multi-levelness» will be more important?

It is clear that a priority should be set for general construction, excavation and underground works. «Interchanging» of sibling crossings in regional and district centers – is the first task. In summer many residents turn into southbound passengers and see crossings with barrier not only in Bobruisk and Gomel. Construction of multi-level crossings should be the alpha and omega, sequentially performed in regional, then in district towns, at four main lines of the Belarusian Railway and the entire network.

There are about 50 pedestrian undercrossings in Minsk. Given that in regional cities live 300–500 thousand people, where there should be 8–15 of them, but what is in reality? In Gomel – 2, Vitebsk – 3 (and one as part of the railway stations), in Brest a pedestrian undercrossing (not connected with the railway station) appeared only with the opening of prospect Respubliki a few years ago, in Molodechno it has not been built until now, etc.

A road to financial independence of industries (referring to the division of the same railway into «responsible for movement» and «responsible for construction» components) is very long. The author sets a requirement directly for railway specialists of Minsk: complete removal of freight traffic.

Conclusions. Involuntarily in the shadow of these polemical notes remains skillful work of railway workers, designers of «urban lines» (it refers to «Belzheldorproject», founded in 1938), installation and construction services in railway subordination. The author believes that it is necessary in any case, to pay tribute to them and at the same time to try to look at the issues raised also in terms of their professional interest. Assessment of the situation from the inside may be quite different.





Keywords: urban transport, suburban-urban communication, urban sections of railways, combined routes, passenger traffic, coordination of transport modes.

REFERENCES

1. Yanovskaya V. V. et al. History of Belarusian Railways. From XIX century to XXI century [*Istorija Belorusskoj zheleznoj dorogi. Iz veka XIX – v vek XXI*]. Minsk, Mastackaja litaratura publ., 2012. – 955 p.
2. Transport and Communications in the Republic of Belarus. Statistical compilation. National Statistical Committee of the Republic of Belarus. [*Transport i svjaz' v Respublike Belarus'. Statisticheskiy sbornik. Nacional'nyj statisticheskij komitet Respubliki Belarus'*]. Minsk, 2014.
3. Persianov V. A., Mukhametdinov I. B. Main lines development of urban means of communication

on the basis of landline rail [*Magistralizacija gorodskih putej soobshhenija na baze nazemnyh linij rel'sovogo transporta*]. *Vestnik transporta*, 2009, Iss. 11, p. 10–16.

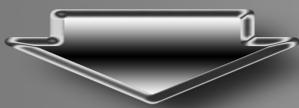
4. Vuchic, Vukan R. Transportation for Livable Cities [*Russian title: Transport v gorodah, udobnyh dlya zhizni. Translated from English*]. Moscow, Territoriya buduschego publ., 2011, 576 p.

5. Mazurkina, Olga N. Ongoing Priorities for New Moscow. *Mir Transporta* [World of Transport and Transportation] *Journal*, 2013, Vol.48, Iss.4, pp.14-17.

Координаты автора (contact information): Орлов В. А. (Orlov, V. A.) – vitano@open.by.

Статья поступила в редакцию / article received 11.03.2014

Принята к публикации / article accepted 15.05.2014



EDITORIAL RESUME

Primarily, it is necessary to emphasize once again a polemical nature of the current publication; the author deliberately sharpens some problems, being aware of the fact that there may be other points of view. When publishing this paper, editorial staff did not rely on the importance of addressing certain issues or right approaches in dealing with development problems of passenger service systems using urban commuter train lines in Minsk, but on the possibility to start a discussion on generalization and systematization of experience in creation of multimodal passenger systems in metropolitan cities. Many questions (abstracted from certain natural specificity of each city) are universal.

They appear in the press when discussing specific decisions of municipal authorities, but their nature is non-systemic, local or general opportunistic. However, taking into account rapid evolution of complex urban transport systems there is a real need for their scientific multidimensional understanding. And there is a clear deficit. On the one hand, there are numerous scientific schools in the field of urban planning, and some of them focus on integration of transport systems in terms of optimization of passenger service (recall publication in our journal materials of Vukan Vučić). It can be explained by the fact that transport service is a cornerstone of any planning in urbanity.

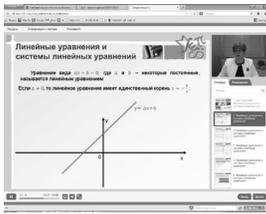
But on the other hand, a number of methodological problems is at conditional «border» of urbanity, municipal management, management and specific transport studies. Many of them, in our opinion, are relevant specifically to transport science, but there is also plenty of them, that should be part of transport science in the most direct way.

There are many diverse tasks that need to be systematized. For example, is (or more precisely – at what point it becomes) commuter rail communication a direct part of urban transport systems or does it remain as some external component, which is taken into account because of the presence of passenger flows within city limits? Are purely intercity rail lines (planned «Moscow Ring»), a new kind of urban transport? What are the best forms of management integration (coordination, harmonization) of available transport modes involved in the urban transport system, to be developed at the city level? How can the actions of the management subjects of federal and municipal levels be harmonized? This issue refers not only to the integration of intercity or passing through the town railway lines, but also to existing examples of different subordination and ownership of land-based transport, to the lines of light metro, light rail, including those that begin in the city and then go in the suburbs. Is some kind of general systematization of transport modes development required (including from the perspective of investment, coordination of schedules, measures of city or national support, maintenance of infrastructure, tariff regulation, etc.) or should an issue in each case (the city) be solved individually? Should a particular attention be paid to study the influence of calculating the optimum passenger flows on the technical requirements for vehicles, what branch of transport science should integrate technical and technological approaches to the formation of intercity transport interchanges, transport and logistics hubs? The latter issues have got a rapid development at forming station complexes, but in the sphere of transport modes interaction, a kind of «urban multimodality» requires new fresh ideas and system approaches. ●

TV

МАТЕМАТИКА 142

Преодоление разрыва между школой и вузом.



КОМПЕТЕНТНОСТЬ 148

Самое время вспомнить Конфуция.

БРЕНД ВУЗА 154

Какую роль выполняют символы?



ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ • EDUCATION, TRAINING AND PERSONNEL



MATHEMATICS 142

Neutralization of a cleavages between secondary and higher school.

SKILLS 148

It is the best time to remember Confucius.



UNIVERSITY'S BRANDING 154

What is the symbols' role?



О повышении качества математических знаний



Валентин ВИНОГРАДОВ
Valentine V. VINOGRADOV

Людмила КОЧНЕВА
Lyudmila F. KOCHNEVA



Ольга ПЛАТОНОВА
Olga A. PLATONOVA

Виноградов Валентин Васильевич – доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.
Кочнева Людмила Фёдоровна – кандидат технических наук, доцент МИИТ, Москва, Россия.
Платонова Ольга Алексеевна – кандидат физ.-мат. наук, доцент МИИТ, Москва, Россия.

Снижение уровня математического образования в школе наряду с общим ухудшением подготовки абитуриентов, поступающих в технические вузы, усугубляют и качество усвоения знаний по инженерным дисциплинам. Преподаватели кафедр математики и физики МИИТ совместно со школами столичного Северо-Восточного административного округа создали программу дополнительного изучения математики, которая рассчитана на то, чтобы сократить разрыв между привычным ныне уровнем школьной подготовки и требованиями вуза к начинающему обучению студенту. В статье показаны первые результаты многообещающего сотрудничества.

Ключевые слова: образование, вуз, школа, математика, качество обучения, совместная программа, инновационный подход.

Повышению качества образования посвящаются многочисленные публикации в прессе, проводятся тематические конференции, педагогическая общественность давно осознает актуальность связанных с этим задач и последствий нарастающих потерь знаний у молодых поколений россиян. Департамент образования правительства Москвы, как и другие региональные профильные ведомства, призвал улучшить качество подготовки школьников столицы по наиболее серьезным учебным дисциплинам (математика, физика, информатика, иностранный язык). При этом предполагалось привлечь к выполнению намеченной программы не только школьных учителей, но и профессиональные коллективы педагогов столичных вузов. Наличие МИИТ с его мощной инновационной образовательной базой на территории Северо-Восточного административного округа (СВАО) дало толчок идее объединения интеллектуальных и организационных ресурсов университета и школ этого округа.

Именно по четырем направлениям образования, выделенным московским департаментом, существует наиболее заметный разрыв между школьной подготовкой

и требованиями высшей школы к начинающим обучением студентам. Глубокие и прочные базовые школьные знания являются основой успешного усвоения университетской программы по инженерным дисциплинам и последующей профессиональной деятельности сегодняшних учащихся.

Для реализации задачи улучшения качества знаний школьников, в частности, по математике, преподавателями математических кафедр МИИТ проведены аналитический разбор и методическая работа, связанные с оценкой текущего состояния школьной подготовки, выявлением наиболее острых проблем и определением мер к их устранению. Аналогичным образом поступили и представители физических кафедр университета.

После обсуждения с учителями школ СВАО была разработана программа дополнительного изучения математики, использующая уникальный модульный подход с возможностью непрерывного развития и последующего изменения отдельных модулей. Отличительной особенностью созданного комплекса стало использование портала МИИТ-школы СВАО.

Выложенные на портале методические разработки и вебинары вызвали живой интерес и многочисленные вопросы школьников.

Кроме того, в широком доступе находятся и видеолекции по основополагающим темам курса математики, а также системы тренировочных задач.

Практическое значение совместной для школ и вуза программы состоит в возможности:

- дать более глубокие знания по сложным темам курса математики с учетом требований будущих вузовских программ;
- менять последовательность изложения модулей программы с учетом многообразия используемых в школах учебников;
- изучать видеолекции на портале (в любом количестве и в любое время);
- использовать для проверки знаний систему специальных тренингов.

Занятия по предложенной программе предполагают независимо от временных затрат выявить среди обучающихся детей с высокими интеллектуальными способностями, интересом к самостоятельной познавательной деятельности и создать усло-

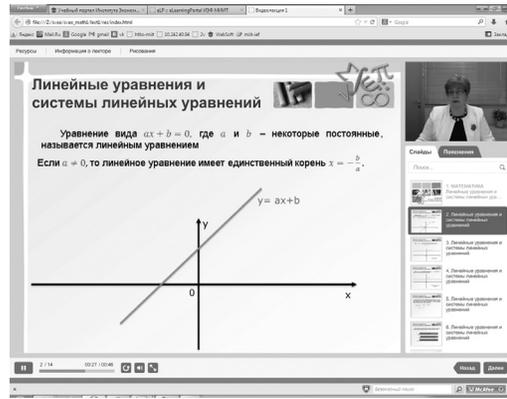


Рис. 1. Доцент О.А.Платонова проводит видеолекцию.

вия для более полного раскрытия их таланта.

Анализ итоговых школьных испытаний (ЕГЭ) продемонстрировал массовые затруднения при решении так называемых текстовых заданий и задач, использующих понятие модуль. А именно их специфика ближе всего обычно обязанностям инженера или экономиста. Ведь решение любой текстовой задачи означает преимущественно умение построить математическую модель рассматриваемого процесса и найти адекватный метод расчета. Преподавателям университета постоянно приходится сталкиваться с проблемами, когда перед студентами встает необходимость грамотно интерпретировать предложенные к рассмотрению тексты.

Характерный нюанс: результаты ЕГЭ показывают, что конкретный школьник стабильно хорошо решает задачи одних типов и также стабильно делает ошибки в задачах других типов. В университете подготовлена и апробирована инновационная система тренировочных заданий по отдельным типам задач (группа В). Это дает школьнику шанс научиться решать как раз те виды математических заданий, которые не получаются именно у него.

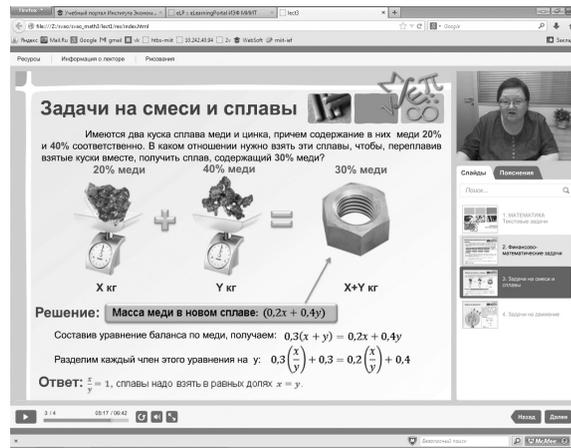
Поскольку преподавателями кафедр математики МИИТ записаны и выложены на портал несколько видеолекций, то важно подчеркнуть, что это принесло несомненную пользу, в том числе удалось убедиться, насколько они позволяют школьнику:

- обратиться к предложенному материалу в удобное для него время;





Рис. 2. Доцент Л.Ф.Кочнева ведет вебинар.



• прослушать лекцию столько раз, сколько ему требуется для полного усвоения материала;

• задать интересующие вопросы на последующем вебинаре.

Заметим, что видеолекции сопровождаются интересным графическим материалом, призванным сделать усвоение более наглядным и запоминающимся (рис. 1, 2).

По первым результатам применения разработанной программы повышения качества математической подготовки школьников следует отметить:

– несомненный интерес учащихся школ СВАО к программе;

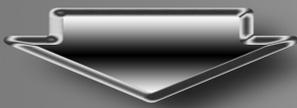
– потребность продолжить эту полезную как для школ, так и для университета работу;

– готовность к поиску новых форм сотрудничества с потенциальными абитуриентами в целях создания у них устойчивой потребности в получении профессиональных знаний;

– продемонстрированную сетевым взаимодействием возможность в будущем сделать дистанционное обучение студентов более продуктивным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочнева Л. Ф., Платонова О. А. Организация взаимодействия со школами СВАО (математика) // Труды конференции «ДОТ: проблемы и методы». – М.: МИИТ, 2014. – С. 13–15.



ПРОДОЛЖЕНИЕ ТЕМЫ

В более широком контексте вопрос заблаговременной адаптации школьных знаний к освоению вузовской программы является одним из наиболее актуальных не только для абитуриентов, но и для самих технических вузов, озабоченных повышением качества образования.

В МИИТ с 1996 года действует факультет довузовской подготовки школьников девярых-одиннадцатых классов. Обучение слушателей проводится в разных формах – очной, очно-заочной, заочной, дистанционной и в группах выходного дня, причем с учетом выбранной слушателем специальности по всем предметам вступительных испытаний: математике, физике, русскому языку, литературе, иностранному языку, истории России, общест-

вознанию, географии, биологии, информатике, химии. На факультете также работает клуб «Юный железнодорожник» – для учащихся 8–11-х классов средней школы. Занятия в клубе полезны для тех, кто так или иначе хотел бы связать с железной дорогой свою дальнейшую жизнь, кто интересуется техническими достижениями транспорта. Курс обучения рассчитан на четыре года. Каждым летом учащиеся имеют возможность работать на Малой московской железной дороге (в подмосковном Кратово) и на практике знакомиться с железнодорожными профессиями, в том числе помощника машиниста и машиниста.

Факультет уже долгое время поддерживает договорные отношения со многими средними учебными заведениями Москвы, Под-

московья и других регионов страны о сотрудничестве в области довузовской подготовки. Университет в этом плане оказывает школам организационную, методическую и кадровую помощь.

Актуальность совместных действий подтверждена решениями столичного правительства. 27 августа 2013 года на его заседании городской глава С. Собянин рассказал о пилотном проекте по организации профильного обучения в высших учебных заведениях, расположенных на территории Москвы: «Мы договорились с ректорами о проведении такого эксперимента – создании при вузах 10–11 классов, где можно получить полноценное образование и, с другой стороны, подготовиться в конкретный вуз» (http://www.mos.ru/authority/activity/education/index.php?id_14=26723).

Обучение в подобной форме позволяет школьникам получать знания непосредственно

от преподавателей вузов. Уже с 1 сентября 2013 года в Высшей школе экономики, Московском государственном университете путей сообщения (МИИТ), МИФИ и РГГУ планировалось иметь 671 старшеклассника в пилотных классах, констатировал и.о. руководителя департамента образования И. Калина.

Интерес вузов к этому проекту растет, и в дальнейшем их количество среди сотрудничающих со школами увеличится. В соответствии с результатами опроса Московского центра качества образования, уже 11 тыс. учеников 8–10 классов выразили желание учиться в лицеях, находящихся в составе высших учебных заведений.

Финансирование обучения старшеклассников в вузах должно осуществляться за счёт бюджета города Москвы по единым нормативам. ●

ON IMPROVING THE QUALITY OF MATHEMATICAL KNOWLEDGE

Vinogradov, Valentine V. – D. Sc. (Tech), professor, the first vice-rector – vice rector for education of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

Kochneva, Lyudmila F. – Ph.D. (Tech), associate professor, head of the department of mathematics of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

Platonova, Olga A. – Ph.D. (Physics and Mathematics), associate professor, head of the department of higher mathematics of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

ABSTRACT

Decline in the level of mathematical knowledge at school, along with a general deterioration of competences of prospective students entering technical higher education institutions exacerbate the quality of acquisition of knowledge in engineering disciplines. Lecturers of Mathematics and Physics departments of MIIT in cooperation with the schools of North-East Administrative District of Moscow created a program of additional study of mathematics, which is designed to reduce the gap between the current level of school training and requirements of higher education institutions to newcomers, beginning to study at universities. The article presents the first results of a promising cooperation.

ENGLISH SUMMARY

Background. *The issues of improving the quality of education are touched upon in numerous publications in the press, at themed conferences, educational community have long recognized the relevance of the related tasks, and the consequences of increasing loss of knowledge among the younger generation of Russians. Department of Education of the Government of Moscow, as well as other regional specialized agencies appealed for improving the quality of training of school children of the capital in the most serious academic disciplines (mathematics, physics, computer science, foreign language). It was supposed to involve in the implementation of the planned program not only school teachers*

but also professional teams of lectures of Moscow higher education institutions. Location of MIIT with its powerful innovative educational base in the North-East Administrative District gave an impetus to the idea of combining intellectual and organizational resources of the University and the schools of this administrative district.

Objective. *The objective of the authors is to provide some useful data on a new approach to enhance knowledge of school children in mathematical disciplines, which is implemented by MIIT and school of North-East Administrative District of Moscow.*

Methods. *The authors use descriptive method.*

Results. *It is in four areas of education, highlighted by the Moscow department, there is the most conspicuous gap between schooling and requirements of a higher education institution to students, starting their learning. Deep and strong basic school knowledge is the basis of successful acquisition of university programs in engineering disciplines and future career of today's students.*

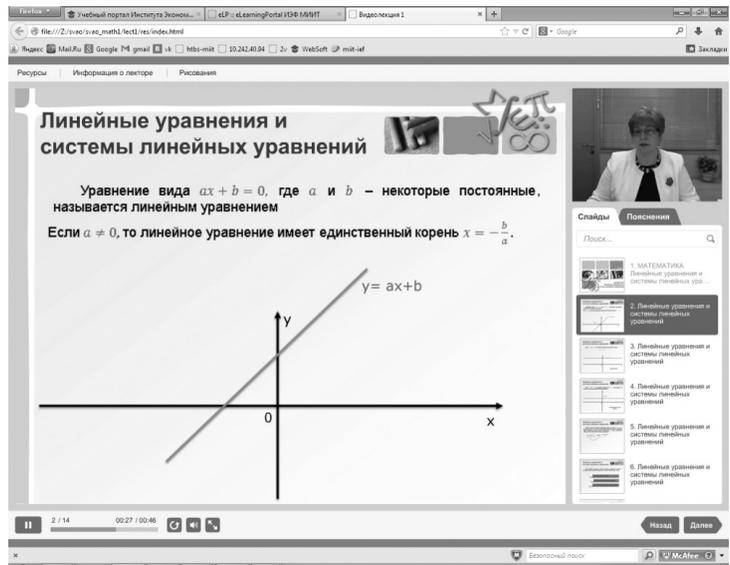
To implement the objectives of improving the quality of school children knowledge, in particular, in mathematics, lecturers of mathematical departments of MIIT conducted analytical and methodological work related to the assessment of the current state of school training, identifying the most pressing issues and identifying measures to eliminate them. Representatives of physical departments of the University conducted similar operations.

After discussion with school teachers of North-East Administrative District a program was





Fig. 1. O. A. Platonova conducts a video lecture.



developed for additional study of mathematics that uses a unique modular approach with the ability of continuous development and subsequent changes in the individual modules. A distinctive feature of this created complex was using the portal MIIT- schools of North-East Administrative District.

Guidance papers and webinars, which are posted on this portal, caught the interest of many school children and arouse many questions.

In addition, there are video lectures on fundamental topics of the course in mathematics, as well as system of training tasks, which are free to be used by visitors of the portal.

The practical significance of the joint program of a school and a higher educational institution is the ability to:

- give a deeper knowledge of complex subjects of the course in mathematics to meet the requirements of future university programs;
- change the sequence of presentation of program modules, taking into account the variety of textbooks used in schools;
- study video lectures on the portal (in any quantity and at any time);
- use a system of special training to test knowledge.

Classes on the proposed program require regardless of time expenditures to identify children with high intellectual abilities, interest

in independent cognitive activity and to create conditions to bring their talent to light.

Analysis of the final school tests (EGE) showed massive difficulties in dealing with the so-called text tasks using the notion of a module. Namely, their specificity is the closest for duties of an engineer or an economist. After all, the solution of any text task means mostly an ability to construct a mathematical model of the process in question, and to find an adequate method of calculation. University lecturers constantly face challenges, when students have to interpret correctly the texts proposed for consideration.

One characteristic nuance: EGE results show that a particular school child is consistently good at solving tasks of one type and also consistently makes mistakes in the tasks of other types. The university has prepared and tested an innovative system of training assignments on specific types of tasks (group B). This gives a school child a chance to learn to deal with just those kinds of mathematical tasks that he is not good at.

As lecturers of mathematical departments of MIIT recorded and posted on the portal a few video lectures, it is important to emphasize that this has brought undoubted benefits, e. g. they give a school child an opportunity to:

- work with offered materials at a convenient time;
- listen to a lecture as many times as it takes for a complete digestion of the material;
- ask questions at the next webinar.

It should be noted that video lectures are accompanied by interesting graphic material designed to make digestion more vivid and memorable (see Fig. 1, 2).

Conclusion. The first results of the application of a developed program designed to improve the quality of mathematical training of school children demonstrate:

- Great interest of school children from North-East Administrative District in the program;
- The need to continue this work, which is useful both for schools and for the university;
- Willingness to seek new forms of cooperation with potential students, which give school children a sustainable need to obtain professional knowledge;
- The possibility, which was proved by network interaction, to make distance learning of students more efficient in future.

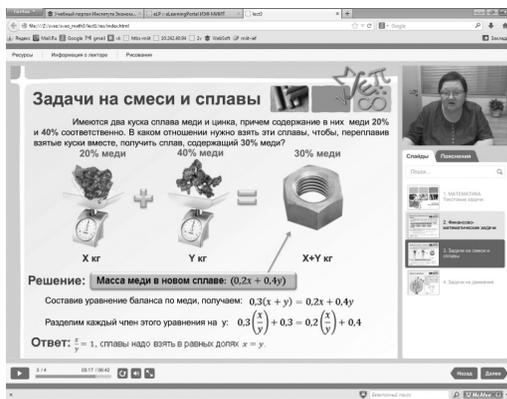


Fig. 2. L. F. Kochneva conducts a webinar.

Keywords: education, higher education institution, school, mathematics, quality of education, joint program, innovative approach.

REFERENCES

1. Kochneva, L.F., Platonova, O. A. Organization of interaction with schools of North-East Administrative District

(mathematics) [Organizatsiya vzaimodeystviya so shkolami SVAO (matematika)]. Conference Proceedings «DOT: problems and methods», Moscow, MIIT, 2014, pp. 13–15.

Координаты авторов (contact information): Виноградов В. В. (Vinogradov, V. V.) – +7 (495) 684–21–10, Кочнева Л. Ф. (Kochneva, L. F.), Платонова О. А. (Platonova, O. A.) – platonovym@mail.ru.

Статья поступила в редакцию / article received 02.05.2014

Принята к публикации / article accepted 04.07.2014



DISCUSSION OF THE TOPIC

In a broader context the problem of advanced adaptation of knowledge, acquired by pupils in secondary school, to the requirements determined by university syllabus is one of the most important and frequently discussed. It is of the same importance for the entrants themselves as well as for the technical universities.

It was as long as in 1996 that Moscow State University of Railway Engineering established a special faculty of pre-university training intended for 9th to 11th year pupils of secondary schools (last three years before graduation in Russia). The training is delivered in classes, par correspondence, in remote and blended forms as well as in special weekend groups. The curriculum depends on the further targeted university courses and covers all the disciplines that are considered at the enrollment, including mathematics, physics, Russian language and literature, foreign languages, Russian history, social sciences, geography, biology, chemistry. The faculty also serves a base for the club of young railway men for the pupils of 8th to 11th classes of secondary schools. The meetings and classes in the club are useful for those who would like to begin a professional rail career or is interested by technical developments in transport sphere. The courses last for 4 years. After every academic year the pupils have possibility to work at Small Moscow children railway (in Kratovo near Moscow) where they can develop practical skills of rail professions, e. g. of a locomotive driver assistant or of a locomotive driver. The faculty has traditional relations with many secondary schools in Moscow, Moscow and other Russian regions based on the agreement on pre-university training. The MIIT University tends

organization, methodological assistance and staff to the schools in order to provide quality pre-university training.

The urgency of such training (realized inter alia for a long time in MIIT) has been recently confirmed by the decisions of the government of the city of Moscow. The Moscow major Sergey Sobianin during the session of Moscow government on the 27th of August 2013 spoke about a pilot project of targeted training in higher educational institutions of Moscow. «We have come to an agreement with rectors to hold such an experiment. We shall create classes in the universities for the pupils of 10–11th classes where they can obtain secondary education and at the same time prepare themselves to enter the given university», he said (http://www.mos.ru/authority/activity/education/index.php?id_14=26723).

The pilot classes will give opportunity to have classes using the structures of higher school and to get knowledge directly from university professors. The first stage was planned to be held in Higher school of economics, Moscow, State University of Railway Engineering, Moscow Engineering and Physics Institute (University), Russian State University of Humanities. The head of Moscow city education department outlined the growing interest of other universities to the project that would result in the growing number of participants. In accordance with the results of a survey held by Moscow center of education quality more than 11 thousand senior pupils expressed their desire to continue their studies in that type of lycees or junior colleges within the universities. The funding of training will be supported by Moscow city budget on the basis of respective common city standards. ●





Компетенции руководителей при управлении персоналом



Оксана В. АРХАНГЕЛЬСКАЯ
Oksana V. ARKHANGELSKAYA

Владимир ГЛАЗКОВ
Vladimir N. GLAZKOV



Оксана А. АРХАНГЕЛЬСКАЯ
Oksana A. ARKHANGELSKAYA

Архангельская Оксана Васильевна – начальник сектора Корпоративного центра развития профессионального обучения персонала ОАО «РЖД», Москва, Россия.

Глазков Владимир Николаевич – кандидат технических наук, доцент, проректор по международным связям МИИТ, Москва, Россия.

Архангельская Оксана Алексеевна – помощник аудитора ЗАО «Эксперт-аудит», Москва, Россия.

В статье изложено, какими компетенциями должен обладать руководитель для решения совокупности поставленных перед ним задач с учетом инновационного развития профессионального и творческого потенциала своей организации, повышения эффективности и результативности ее производственной деятельности.

Особое внимание уделено управленческим компетенциям, которые важны при линейном или проектном подчинении работников, а также корпоративным компетенциям, основанным на ценностях, стратегии развития, миссии, этических нормах компании.

Ключевые слова: персонал, руководитель, управление, компетенции, развитие управленческих и профессиональных навыков.

Не беспокойся о том, что у тебя нет высокого чина. Беспокойся о том, достоин ли ты того, чтобы иметь высокий чин.

Конфуций

Предъявляемые к современному управленческому персоналу более высокие требования нацелены на то, чтобы полнее раскрыть личностные, деловые, профессиональные качества каждого работника. Поэтому любому руководителю следует непрерывно поддерживать и повышать свой уровень знаний, компетенций, готовность обеспечивать индивидуальный подход ко всем подчиненным.

Сложившаяся ситуация высокой сменяемости кадров и существующая система психологической диагностики и отбора руководителей подчеркивают проблему оценочных критериев при формировании резерва разноуровневого командного состава железнодорожного транспорта. Продолжающееся реформирование отрасли не снимает острой потребности в специалистах, обладающих надежными знаниями и способных грамотно выполнять свои должностные функции, профессионально управлять человеческими ресурсами.

Рыночная экономика, основанная на конкуренции и предпринимательстве, а не на иерархическом подчинении хозяйственных процессов, нуждается никак не меньше, а даже больше в менеджерах, чем прежняя система. Но менеджеры эти (то есть люди, наученные управлять) должны быть совсем иными, нежели раньше, обладать многими новыми качествами.

Впрочем, определенный передел компетенций не предполагает крайностей. Ни в какой мере нельзя пренебрегать ценным потенциалом действующих работников управления, знающих реальность, имеющих немалую профессиональную подготовку, приученных к дисциплине, упорному целенаправленному труду.

Если взять непосредственно предмет компетенций руководителей и рассмотреть его более детально, то неизбежно встанет вопрос, какими же компетенциями они должны обладать, чтобы оказаться готовыми решать стоящие перед ними задачи.

Появление систем управления персоналом на основе компетенций вызвало в последнее время не только волну энтузиазма, но и множество проблем из-за новизны предмета и недопонимания самой этой модели. Большинство проблем с квалификацией и применением компетенций проистекает из-за отсутствия общего видения того, что же они собой представляют в системе управления персоналом.

Классический бизнес — система ресурсов, управление которыми направлено на достижение целей предпринимательства. Четыре основных ресурса любой компании — это клиенты, персонал, финансы и бизнес-процессы. В некотором смысле такие ресурсы представляют собой противоположности, являющиеся, как известно, движущей силой любого развития. В том числе и для сферы бизнеса. Например, финансы — внутренний ресурс, а клиенты — внешний, персонал — общечеловеческие отношения, в то время как бизнес-процессы — рациональные технологии. Причем именно баланс этих противоположностей делает менеджмент эффективным, а бизнес — успешным [1].

Способность, необходимая для решения рабочих задач и получения ожидаемых результатов, чаще всего определяется как *компетентность*. Способность, отражающая

адекватные стандарты поведения, квалифицируется как *компетентность*.

При этом компетентность может выявить сильные стороны человека и качества, которые он обязан улучшить.

С другой стороны, компетентности — это способность компании и ее персонала сохранять требуемый функциональный уровень в соответствии с определенными видением, миссией и ценностями. То есть, по сути, компетентности встраиваются в общую систему управления персоналом, направлены на достижение стратегических целей и признаны в равной степени и компанией, и каждым из ее сотрудников.

Компетентность олицетворяет интегральное качество, сочетающее в себе знания, навыки и установки человека, описанное в терминах наблюдаемого поведения на рабочем месте. Наличие необходимых компетенций — обязательная предпосылка к успеху работника.

Под компетенциями вправе пониматься и совокупность знаний, умений, навыков, а также личностных качеств, которые помогают выполнению работы в своей организации по определенному стандарту, принятому именно в ней самой.

В зарубежных исследованиях компетентность чаще всего рассматривается как интегральное явление, в котором дифференцируются:

- а) компетентность, способствующая консолидации решений, применению навыков в условиях быстро меняющихся требований внешней среды;
- б) концептуальная компетентность;
- в) компетентность в эмоциональной сфере, области восприятия;
- г) компетентность в отдельных сферах деятельности [2].

Проанализировав различные исследования, можно сделать вывод о том, что компетентность всегда включает в себя:

- базовую характеристику человека, которая причинно связана с оцениваемым на основе критериев эффективным и/или наилучшим исполнением порученного дела;
- описание поведения или действия, которые обычно наблюдаются при хорошем выполнении работы;
- поведенческую характеристику, предполагающую способность сотрудника выполнять рабочие функции в русле принятых стандартов поведения;





Элементы модели корпоративных компетенций холдинга ОАО «РЖД»

Компетентность	Наличие профессиональной компетентности. Способность учиться и развиваться. Готовность делиться опытом и передавать знания.
Клиентоориентированность	Знание текущих и перспективных потребностей клиентов. Ориентация на пользу для клиентов. Отношение к коллегам как к внутренним клиентам компании.
Корпоративность	Ориентация на интересы компании. Умение работать в команде. Нацеленность на результат.
Качество	Знание политики и стандартов качества. Ориентация на качество и эффективность. Обеспечение безопасности.
Креативность/ инновационность	Нацеленность на улучшение результата. Выдвижение инициатив и внедрение инноваций. Поддержка инициатив коллег.
Лидерство	Воодушевление и вовлечение коллег. Эффективная организация и регламентация работы коллег. Мотивирование и убеждение без административного давления.

– кластер факторов, включающий способности, личностные качества, знания, умения и навыки, необходимые человеку по ходу трудовых процессов.

Личные и организационные компетенции принято разделять в зависимости от сферы их применения.

Управленческие компетенции – они необходимы руководителям для успешного достижения целей. Важны в первую очередь для сотрудников, занятых управленческой деятельностью и имеющих работников в подчинении: линейном (постоянном) или проектном. По большому счету – это стандарты для руководителей в разных отраслях. Компетенции же специалиста – способности и личностные качества, которые ограничены выполнением собственной работы.

Профессиональную компетентность принято воспринимать как высокий уровень специальных профессиональных знаний и овладение разными сферами служебной деятельности, глубокое понимание насущных профессиональных проблем, деловую надежность и способность безошибочно решать весь круг профессиональных задач.

Наличие профессиональных компетенций является условием формирования и качественного выполнения профессиональной деятельности. Содержание таких компетенций зависит от концептуального подхода, при этом, как правило, акцент делается на способности выполнять ожидаемые действия в рамках используемых стандартов для профессии [3]. Компетентностный подход к оценке кандидатов в кадровый резерв позволяет выявить их сильные стороны и в то же время те качества, которые необхо-

димо улучшить, чтобы достигнуть оптимального результата на рабочем месте [4].

Профессионально-технические компетенции – это компетенции, которые предусмотрены в отношении определенной группы должностей. Основные характеристики: способность применения знаний на практике, объем знаний, ориентированных на потребности именно своего вида деятельности. Составление реестра профессиональных компетенций для всех должностей в организации – очень трудоемкий и порой длительный процесс. В некоторых компаниях тем не менее уже существуют сборники единых корпоративных требований для каждой должности руководителей и специалистов.

Ключевые компетенции обеспечивают универсальность специалиста и поэтому не могут быть слишком специализированными. Однако универсальность не снижает значимость каждой из таких компетенций в отдельности, просто им свойственны более массовая востребованность и регулярная применимость в типовых рабочих процессах, сохраняющие при этом их носителям в нужный момент возможность действовать самостоятельно и ответственно.

Корпоративные компетенции – это те, которые применимы к любой должности в организации, они основаны на ценностях, традициях компании, а также стилях управления, характерных для корпоративной культуры и отвечающих прежде всего стратегии развития, миссии организации, кодексу корпоративной этики.

Как известно, кроме мотивационных факторов, особенностей характера и способностей на индивидуальное поведение оказы-

вают влияние ценности и принципы, принятые в организации. Многие компании установили, каким принципам они привержены, и донесли их до сведения своих работников, особенно выделяя то, какую роль эти ценности должны играть в повседневной деятельности. Некоторые компании корпоративные принципы и ценности включили в модель компетенций и заботятся о том, чтобы поведение персонала соответствовало принятым установкам [5].

Модель компетенций в данном случае – форма обозначения полного набора компетенций (с уровнями или без них) и индикаторов поведения. Модели могут содержать детальное описание стандартов поведения персонала какого-то подразделения или стандарты действий, ведущих к достижению специальных целей, но могут и включать основные стандарты поведения, предусмотренные для полного описания деловой структуры или деятельности, рассчитанных на достижение всего комплекса корпоративных целей. Набор деталей, входящих в описание модели компетенций, зависит от предполагаемой сферы применения [5].

Разработанная и принятая в ОАО «РЖД» в 2010 году модель корпоративных компетенций «5К+Л» (таблица 1) дает каждому работнику свои ориентиры, чтобы помочь ему решать стоящие перед ним задачи. Формула «5К+Л» включает в себя: Компетентность, Клиентоориентированность, Корпоративность, Качество, Креативность и Лидерство, показывает, как общие для всех ценности должны проявляться в работе отдельного сотрудника. Проявляя свою способность к развитию, ориентируя личные интересы на интересы холдинга, занимаясь самообразованием, обучаясь работать в команде,

проявляя инициативу, творчество, лидерские качества, нацеливая себя на результат, каждый из состава персонала сможет в конце концов научиться оценивать уровень своих корпоративных компетенций.

ВЫВОДЫ

Эффективная деятельность компании достигается в том числе за счет гибкой и регулярно обновляемой системы управления кадрами, применения инновационных технологий, оперативного совершенствования всех направлений развития и обоснованной очередности в реализации поставленных задач. Компетентность выступает базовым условием такого уровня руководящих позиций, с объективной точки зрения являясь в известной мере синонимом профессионализма.

То есть компетентностный подход при структурно-административном формировании персонала становится, по сути, строго определяющим фактором, основой прогресса производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов В. В. Компетенции как элемент системы управления бизнесом. <http://www.aitsoft.ru>. Опубликовано 21.11.2011. Доступ 12.12.2013.
2. Мескон М. Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента: Пер. с англ. – М.: Дело, 1997. – 704 с.
3. Одинцов В. А., Румянцев Н. К., Крунова О. Н. Компетентностный подход при техническом обучении локомотивных бригад // Железнодорожный транспорт. – 2012. – № 12. – С. 56–58.
4. Разработка отраслевых квалификационных требований должностей кадрового менеджмента и технологического инструментария, оценка соответствия им руководителей и специалистов по управлению персоналом при назначении на должность и организации обучения. Научно-исследовательская работа / В. А. Старовойт, В. Н. Футин, О. В. Архангельская. – М.: МИИТ, 2009.
5. Уиддет Стив, Холлифорд Сара. Руководство по компетенциям. – 3-е изд. – М.: ГИППО, 2003. – 228 с. ●

COMPETENCE OF CORPORATE MANAGERS IN THE SPHERE OF HRM

Arkhangelskaya, Oksana V. – Sector Head of the Corporate Center of Development of Vocational Training of personnel of JSC «Russian Railways».

Glazkov, Vladimir N. – Ph.D. (Tech), associate professor, Vice-Rector for International Relations of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

Arkhangelskaya, Oksana A. – auditor assistant at EXPERTAUDIT, LLC, Moscow, Russia.

ABSTRACT

The article provides an analysis of the following issues: what competences a leader should have for solutions of a totality of tasks at hand, for innovative development of professional capacity and creativity, increase in performance and effectiveness of production activities

ENGLISH SUMMARY

Background. Higher requirements for modern management personnel are designed to fully disclose personal, business, professional qualities of each employee. Therefore, any manager should continuously maintain and improve his level of knowledge, use an individual approach to all subordinates.



The current situation of high staff turnover and the current system of psychological diagnosis and selection of executives emphasizes a problem of evaluation and indicative criteria in the formation of staff reserve of different level on the railway transport. The ongoing reform of the sector does not relieve an acute need for specialists, having reliable knowledge and being able to competently perform their job functions, to manage human resources professionally.

Market economy based on competition and entrepreneurship, and not on the hierarchical subordination of economic processes, needs more managers than the previous system. But these managers (i. e. people taught to manage) must be quite different than before, have many new qualities.

However a certain redistribution of competences does not involve extremes. It is impossible and inadmissible to neglect a valuable potential of existing employees with management functions, knowing reality with considerable training, accustomed to discipline, persistent purposeful work.

If we take the direct object of managers' competences to consider it in more detail, the question will inevitably arise, what competencies leaders should also have to be prepared to tackle the challenges they face.

Objective. The objective of the authors is to investigate modern approaches to competences of leaders of companies.

Methods. The authors use descriptive method and analysis.

Results. Emergence of human resource management systems on the basis of competences has caused lately not only a wave of enthusiasm, but also a lot of problems because of the novelty of the subject and misunderstanding of the model itself. Most of the problems with the skills and use of competences stems from the lack of a shared vision of what they represent in the human resources management system.

Classic business is a system of resources, management of which is aimed at achieving the objectives of entrepreneurship. There are four main resources of any company: clients, the staff, finance and business processes. To some extent, these resources are opposites, which as it is known, are driving forces of any development, including the sphere of business. For example, finance – internal resource, and customers – external resource, the staff – general human relations, while business processes – sustainable technologies. Moreover, it is the balance of these opposites makes management effective and business successful [1].

Ability needed to deal with workloads and obtaining the expected results, is mostly defined as competency. Ability, reflecting adequate standards of behavior, qualifies as competence.

Competence can identify strengths of a person and skills that he should improve.

On the other hand competence is an ability of a company and its staff to perform the required functional level in accordance with specific vision, mission and values. That is, in fact, competences are embedded in the overall system of human resources management, aimed at achieving the strategic goals and recognized equally by the company and each of its employees.

Competence represents the integral quality that combines knowledge, skills and attitudes of a person,

described in terms of the observed behavior in the workplace. Availability of required competences is a mandatory prerequisite for the success of an employee.

Competences can be considered as a combination of knowledge, skills and personal qualities that help to perform work in the organization in accordance with a particular standard, adopted in it.

In foreign research competency is most often considered as an integral phenomenon in which we should differentiate:

a) competency, contributing to consolidation of decisions, application of skills in a rapidly changing demands of the environment;

b) conceptual competency;

c) competency in the emotional sphere, the field of perception;

d) competency in specific areas [2].

After analyzing the various studies, it can be concluded that competency always includes:

– Basic characteristic of a person, which causally linked with efficient and / or the best performance of duties assigned, which is assessed based on criteria;

– Description of behavior or actions that are usually observed by good performance of work;

– Behavioral characteristic, which implies an ability of an employee to perform job functions in line with accepted standards of conduct;

– A cluster of factors, including abilities, personal features, knowledge, skills and abilities necessary for a person in the course of labor processes.

Personal and organizational competences are divided depending on their sphere of application.

Managerial competences are necessary for leaders to achieve their objectives. Primarily they are important for staff involved in management process and having workers in subjection: linear (constant) or project. By and large – they are standards for leaders in various industries. Competences of a specialist are abilities and personal qualities, which are limited to performing his own work.

Professional competency is perceived as a high level of specialized professional knowledge and acquirement of different areas of employment activity, a deep understanding of the pressing professional problems, business reliability and the ability to accurately address a full range of professional tasks.

Availability of professional competence is a prerequisite for formation and qualitative performance of professional activity. The content of such competences depends on the conceptual approach, while, as a rule, the emphasis is on the ability to perform the expected actions in the use of standards for the profession [3]. Competence-based approach to assessment of candidates in the personnel reserve reveals their strengths and at the same time, the qualities that should be improved in order to achieve optimal results in the workplace. [4]

Professional- technical competences are competences that are provided for in respect of a particular group of positions. Main characteristics: ability to apply knowledge in practice, the amount of knowledge, focusing on the needs of a certain activity. Composition of a registry of professional competences for all positions in the organization is a very time-consuming and sometimes lengthy process. In some companies, however there are already collections of uniform corporate requirements for each position of managers and specialists.

Table 1

Elements of the model of corporate competences of the holding JSC «Russian Railways»

Competency	Availability of professional competency. Ability to learn and develop. Willingness to share experiences and transfer knowledge.
Client focus	Knowledge of current and future clients' needs. Orientation for the benefit of clients. Attitude to colleagues as internal clients of the company.
Corporativity	Focusing on the interests of the company. Ability to work in a team. Focus on results.
Quality	Knowledge of policies and quality standards. Focus on quality and efficiency. Ensuring security.
Creativity / innovation	Focus on improving the results. Taking initiatives and innovation. Support of colleagues' initiatives.
Leadership	Enthusiasm and involvement of colleagues. Effective organization and regulation of work of colleagues. Motivation and conviction without administrative burden.

Key competences provide universalism of a specialist and therefore can not be too specialized. But the universality does not reduce the importance of each of these competences individually, they are characterized by a more regular and massive demand for applicability in typical workflows, which retain for their holders an opportunity to act independently and responsibly at a right moment.

Corporate competences are those that apply to any position in the organization, they are based on the values, traditions of a company and the management style typical of the corporate culture and consistent with development strategy, organization's mission, code of conduct.

As it is known, besides motivating factors, character traits and abilities individual behavior is influenced by the values and principles adopted in the organization. Many companies set, what principles they are committed to, and they brought them to the attention of their employees, especially highlighting the role that these values should play in everyday activity. Some companies included corporate principles and values in the competence model and care about consistency of the staff behavior with acceptable settings [5].

Competence model in this case refers to the full form of a set of competences (with or without levels) and indicators of behavior. Models may contain a detailed description of standards of staff behavior of some division or standards of action, leading to the achievement of specific goals, but can also include basic standards of conduct, provided for a complete

description of the business structure or activity designed to achieve the whole complex of corporate purposes. A set of details, included in the description of the competence model, depends on the intended sphere of application [5].

Developed and adopted in JSC «Russian Railways» in 2010, a model of corporate competencies «5C + L» (Table 1) gives each employee their guidance to help him solve the challenges he faces. The formula «5C + L» includes: competency, client focus, corporativity, quality, creativity and leadership and it shows how common to all values should appear in the work of an individual employee. Showing its ability to develop, focusing on the personal interests on the holding interests, engaging in self-education, learning to work as a team, showing initiative, creativity, leadership, aiming at a result, each employee of the staff will be able to finally learn how to assess his level of corporate competences.

Conclusion. The effective operation of the company is achieved also through flexible and regularly updated human resources management system, the use of innovative technology, rapid improvement of all areas of development and reasonable priority in the implementation of the tasks. Competency serves as a basic condition of this level of managerial positions, being, from an objective point of view, to some extent synonymous with professionalism.

That is, competence-based approach at the structural and administrative formation of personnel becomes, in fact, strictly determining factor, the basis of the production progress.

Keywords: management, personnel, leader, competences, development of management and professional skills.

REFERENCES

1. Akimov, V.V. Competence as an element of the business management system [*Kompetentsii kak element sistemy upravleniya biznesom*]. <http://www.aitsoft.ru>. Published 21.11.2011. Last accessed 12.12.2013.
2. Meskon, M.H., Albert, M., Khedouri, F. Management [Russian title: *Osnovy menedzhmenta. Translation from English*]. Moscow, Delo publ., 1994, 704 p.
3. Odintsov, V.A., Rummyantsev, N.K., Krunova, O.N. Competence approach in technical training of locomotive crews [*Kompetentnostnyy podhod pri tehniceskoy obucheni lokomotivnyh brigad*]. *Zheleznodorozhnyy transport*, 2012, N.12, pp. 56-58.
4. Development of sectorial qualification requirements for positions of personnel management and

technological tools for conformity assessment of managers and HR specialists in the appointment and training. Research work by V.A.Starovoyt, V.N.Futin, O.V.Arkhangel'skaya [*Razrabotka otraslevykh kvalifikatsionnykh trebovaniy dolzhnostey kadrovogo menedzhmenta i tehnologicheskogo instrumentariya otsenka sootvetstviya im rukovoditeley i spetsialistov po upravleniyu personalom pri naznachenii na dolzhnost' i organizatsii obucheniya. Nauchno-issledovatel'skaya rabota. V.A.Starovoyt, V.N.Futin, O.V.Arkhangel'skaya*]. MIIT, 2009.

5. Whiddett, Steve, Hollyforde, Sarah. The Competencies Handbook [Russian title: *Rukovodstvo po kompetentsiyam*]. Moscow, GIPPO publ., 2003, 228 p.

Координаты авторов (contact information): Глазков В. Н. (Glazkov, V. N.) – glazkovn@mail.ru, Архангельская О.В (Arkhangelskaya, O. V.), Архангельская О. А. (Arkhangelskaya, O. A.) – ovarhang@mail.ru.

Статья поступила в редакцию / article received 07.10.2013
Принята к публикации / article accepted 14.01.2014





Символика вуза в восприятии студентов



Наталья ВОРОНЦОВА

Natalia N. VORONTSOVA

Автором обозначена актуальная проблема в коммуникативном пространстве образовательного бренда. В осознании причастности студентов к своей alma mater символы играют идентификационную, программирующую и когнитивную роли. Молодой человек посредством них воспринимает свою принадлежность к социально значимой группе, настраивается на некое самопрограммирование с помощью видимого в предложенных образах смысла. Поневоле это олицетворяет личное дальнейшее развитие, будущую профессию. А значит, символы осуществляют коммуникацию между образовательным брендом и личностью обучающегося.

Ключевые слова: высшая школа, рейтинг вуза, образовательный бренд, конкурентоспособность, идентификационный брендинг, корпоративная идентичность, социальная адаптация, коммуникации.

Воронцова Наталья Николаевна – старший преподаватель кафедры «Политология, история и социальные технологии» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

Н и для кого не секрет, как возрастает ныне значение рейтинга вузов. И каждый из них пытается представить себя в качестве образовательного бренда – «набора уникальных функциональных, эмоциональных, социальных обещаний целевому потребителю, которые являются для него уникальными и значимыми, наилучшим образом отвечающие его потребностям» [1, с.35].

Уникальность такого образовательного бренда, как МГУПС (МИИТ), в формате идентификационного брендинга основывается на объединении двух сред: технической и гуманитарной, на их взаимодействии и структурировании будущих специалистов в контексте всей транспортной отрасли. О том, что это сращение будет нарастать, и это верное направление, в частности, подтверждает президент ОАО «РЖД» В. И. Якунин. По его мнению, современная ситуация диктует потребность в новом подходе к компетенциям и навыкам управления менеджеров, которые «не должны исчерпываться лишь владением инженерными знаниями, они обязаны также освоить целый комплекс дисциплин в сфере экономики и социальных наук» [2].

Для образовательного транспортного вуза такой посыл становится вызовом времени, показателем того, насколько глубоко мы понимаем контекст неизбежного взаимодействия технической и гуманитарной сред. Под этим углом зрения, надо полагать, свой смысл обретают и задачи идентификационного брендинга.

ЛОЯЛЬНОСТЬ К БРЕНДУ

Образовательный бренд будет успешно прививать лояльность к маркам «МИИТ», «миитовец», если в основе ее построения окажется корпоративная идентичность — чувство принадлежности к железным дорогам, путям сообщения, наличие ценностного значения учёбы в таком знаменитом вузе, адаптационные проекции к транспортной среде. Достоевский называет в «Братьях Карамазовых» (книге нашей ментальности) XIX век — веком «промышленности и железных дорог» [3, с.10]. Выпускники МИИТ в следующем, XX веке достроили Транссиб, в числе их проектов — Турксиб, БАМ. Они сыграли огромную роль и в индустриализации СССР, победе над фашистской Германией, восстановлении страны после разрухи. И в XXI веке специалисты с дипломами старейшего университета путей сообщения продолжают созидать, участвовать в российских и международных транспортных проектах.

В музее МИИТ, который реализует себя в нескольких ракурсах, в том числе и как брендовая учебно-производственная площадка, студенты знакомятся с историей вуза, судьбами миитовцев, приучаются к корпоративной ответственности перед обществом и государством. Тут же, в музее, они знакомятся с книгами выпускников, о выпускниках, с научной стороной их деятельности.

К этой стороне, в большей мере исторической, примыкает и другой ракурс, формирующий лояльность к университетскому образу. В ходе студенческой жизни обучающиеся начинают реально ощущать существование отраслевых научных школ и оценивать направления исследований своих преподавателей и кафедр, приобщаются к пониманию универсальности темы «железная дорога», которая объединяет и техническую, и гуманитарную сферы, а главное — все отчетливее дифференцируют «свои» и «чужие» символы. Происходит приближение к вполне ожидаемой самоидентификации.

ТРАКТОВКА ОБРАЗА ГУМАНИТАРИЯМИ

В образовательном бренде обычно заложен как графический, так и смысловой образ основных направлений идентификационного брендинга. Соответствуют ли этому теперешние университетские символы?

В коммуникативном образовательном пространстве бренд МИИТ существует **в виде символического единства**, формирующего пространственно-временное поле субъекта. По результатам опроса (отвечали 200 студентов, выборка репрезентативная, квотно-случайная) видно, как воспринимают студенты структуру бренда МИИТ, «тело» которого структурируется цветовой и графической символикой «синий скоростной поезд», а интенция души выражена именем и вербальным посланием ещё со времён последних Романовых: вначале Императорское училище, затем устоявшееся — МИИТ, в сегодняшнем времени и пространстве — государственный университет путей сообщения. Визуальная составляющая образа отражает глубинные смыслы студенчества как субъекта социальной коммуникации: «мы все в одном поезде», «стремимся вперёд», «в ногу со временем», «в будущее», «отсутствие препятствий: нет пробок», «комфорт, безопасность, скорость, стабильность, вкус к жизни», «дорога повсюду: в Европу, Азию».

Антропологическая и аксиологическая атрибутика бренда выступает в виде персонафицированной символики: скульптура у главного корпуса вуза — образ вечного бронзового студента образца XIX века с погонями, на которых топор и якорь. Что касается единства гуманитарной и технической сфер, то, по-видимому, его демонстрирует проглядывающий в скульптурной фигуре тип поведения: с достоинством держа в руке книгу, юноша готов постигать знания, в его распоряжении широкий спектр ассоциаций, программирующих определенную ментальность, чувства и представления, позитивное отношение к субъекту коммуникации. В представлении опрошенных студент «молодец, ему хочется подражать», «смотрит в будущее», «для нас сидит и под дождём, под снегом, чтобы мы помнили историю, традиции, уважали alma mater», «ждёт свой поезд», «целеустремлённый, сосредоточенный, любит учиться (сам невольно подтягиваешься)», «твёрд в ногах, своей осанке, как и МИИТ», «готов к рывку в новое», «может быть товарищем», «дарит нам частицу себя»,





«призывает делать так же, как он, вместе с ним, и лучше его», «он с уважением относится к проходящим мимо».

Топор и якорь на погонах означают (кроме основной смысловой нагрузки объединённых водных и сухопутных путей) в соединении с графическим логотипом «синий поезд»: «старейший вуз с современным духом».

В целостной интерпретации получается: «все ждут свой поезд», «дорога в жизнь», «дорога на учёбу, на работу», «уверенность, что достигнем места назначения», «всем хватит места в поезде», «становится реальной и близкой пословица «грызть гранит науки» и понимание, что «это увлекательно».

В итоге символика бренда МИИТ достаточно полно позиционирует себя для гуманитария как инструмент конструирования собственной идентичности «миитовец» в поле различных социальных практик.

СИМВОЛЫ В ОЦЕНКАХ СТУДЕНТОВ-«ТЕХНАРЕЙ»

Студенты технических специальностей, возможно, не так нуждаются в усилении корпоративной идентичности, поскольку изначально нацелены на транспортную сферу самим выбором профессии. Не исключено, что символы для них всего лишь сопровождающая легенда.

Из 200 опрошенных этой категории (выборка репрезентативная, квотно-случайная) 80% посещали музей, содержащий множество уникальных экспонатов: лабораторию Проскурякова, установку Максимиленко, знамёна советского периода, сосуд Каблукова. Посещали они и кафедральные музеи физики и геодезии. Видели и бюст Коченову, и стеллу Володина, памятник Дзержинскому. Видели, но 70% осознают эти экспонаты только как учебный материал, а не как культурное наследие, не как символы. Характерно, что все бывали в домовом храме, но не все помнят уникальную икону святого Николая Чудотворца, где святой держит в левой руке модель главного корпуса университета, как бы защищая от возможных неблагоприятных воздействий, придавая образовательному бренду МИИТ жизненно важную миссию, насыщая его богатой энергией.

То, что такой символ — редчайшее явление для университета, не отметил

ни один человек среди опрошенных студентов технических специальностей.

Самый узнаваемый символ для представителей технических специальностей — тот же «вечный студент», фигура времён императорского училища. В нём студенты видят своего предшественника, с похожими проблемами. Естественно, происходит идентификационный перенос, и на его основе возникает доверие и, как следствие, лояльность к образовательному бренду. Характерно, что 65% респондентов признались: «осознание того, что МИИТ — известный образовательный бренд, к ним пришло после поступления в университет».

«Логотип университета и бронзовый студент — самые запоминающиеся символы» — такой вывод сделала студентка ГСО-412 Наталья Иванова, участвовавшая в нашем полевом исследовании. Рекомендации по усилению информированности студентов по поводу университетских символов прозвучали в её выступлении на студенческой научной конференции «Наука—транспорт» вполне закономерно. Основные направления работы: «в ходе исторического курса рассказывать историю становления университета», «показывать фильм о символах университета для абитуриентов», «сделать традицией водить в музей не только студентов, но и абитуриентов».

Эти рекомендации получили воплощение в развёрнутом виде в докладе студенток ГСО-412 Кристины Шауро, Марии Грачёвой «День открытых дверей как PR-проект», в исследовании Галины Лысенковой и Юлии Тимофеевой «Бренд МИИТ глазами абитуриентов». Они привели в том числе и данные опроса среди абитуриентов по поводу наиболее важного критерия при выборе вуза. Подтвердилось, что это именитый бренд университета.

Все эти исследования говорят о том, что назрела потребность в современном контексте возродить значение символов и культурного наследия МИИТ, теснее связать нынешние воспитательные и социализационные задачи вуза с профессиональной инженерной подготовкой студентов и их перспективами в реальной трудовой жизни на транспорте.

В осознании причастности студентов к образовательному бренду символы, подчеркнутые еще раз, играют идентификационную, программирующую и когнитивную роли. Студент с их помощью начинает

ощущать свою принадлежность к социально значимой референтной группе железнодорожников, он настраивается и самопрограммируется в зоне доминирующих образов, символы побуждают его на развитие в заданном плане. Более того, символы сохраняют устойчивую коммуникацию между образовательным брендом и личностью обучающегося. Причем показательны результаты такой

коммуникации не только у студентов, умеющих мыслить в гуманитарной парадигме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перция В., Мамлеева Л. Анатомия бренда. – М.: Вершина, 2007. – 222 с.
2. Якунин В. Новая матрица управления холдингом//«РЖД–Партнер». – 2013. – № 3. – С. 12.
3. Достоевский Ф. М. Собрание сочинений в 15 томах. – Л.: Наука, 1991. – Т. 9. – 704 с.

SYMBOLS OF A UNIVERSITY IN THE PERCEPTION OF STUDENTS

Vorontsova, Natalia N. – senior lecturer of the department of political science, history and social technologies of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

ABSTRACT

The author highlights a topical issue for the communicative space of an educational brand. Alma mater symbols play identification, programming and cognitive role in the involvement of the students. Young people perceive through these symbols their belonging to a socially significant group, adapt to a certain self-programming using visual sense from the proposed images. It represents further personal development, future profession. This means that the symbols can communicate between educational brand and personality of a student.

ENGLISH SUMMARY

Background. It is not a secret that the significance of universities ranking increases. And each of them is trying to present itself as an educational brand – «a set of unique functional, emotional, social promises to target consumers which are unique and important for them, meet their needs the best way» [1, p.35].

The uniqueness of this educational brand as MIIT, in the format of identification branding is based on a combination of two environments: technical and humanitarian, their interaction and structuring of future specialists in the context of the entire transport sector. The fact that this fusion will increase, and this is the right direction, in particular, confirms the President of JSC «Russian Railways» Vladimir I. Yakunin. In his opinion the current situation dictates the need for a new approach to the competencies and management skills of managers who «should not be limited only with possession of engineering knowledge, they must also learn a whole range of disciplines in the field of economics and social sciences» [2]. For a transport higher education institution such a promise becomes a challenge of time, a measure of how deeply we understand the context of the inevitable interaction of technical and humanitarian environments. Under this point of view, problems of identification branding gain their own meaning.

Objective. The objective of the author is to investigate the perception of MIIT educational brand among MIIT students.

Methods. The author uses descriptive method and analysis.

Results.

Brand loyalty

Educational brand will successfully instill loyalty to brands «MIIT», «miitovets» [Russian word based on acronym for MIIT staff member or MIIT student – ed.note] if the basis of their construction would be corporate identity – a sense of belonging to railways, communication routes, presence of valuable importance of study in this famous

higher education institution, adaptation projections to the transport community. Dostoevsky describes in «The Brothers Karamazov» (a book «of our [Russian] mentality») XIX century as the century of «industry and railways» [3, p. 10]. MIIT graduates in the next, the twentieth century finished construction of Trans-Siberian Railway, and their projects are also Turkestan-Siberia Railway (Turksib), Baikal-Amur Mainline (BAM). They played a huge role in the industrialization of the country, the victory in World War II, the country's reconstruction after war devastation. And in the XXI century specialists with diplomas of the oldest university of means of communication continue to create, to participate in the Russian and international transport projects.

MIIT museum, which realizes itself in several aspects, including both branded educational production site, students learn about the history of the university, the fate of «miitovtsev», accustom themselves to corporate responsibility to society and the state. Right there, in the museum, they are introduced to books of graduates, on graduates, with the scientific aspect of their activities.

This side is increasingly historical, and another angle adjoins to, forming loyalty to the university image. During student life students begin to feel the real existence of industrial research schools and evaluate the research directions of their teachers and departments, become familiar with the understanding of universality of the theme «railroad», which brings together both technical and humanitarian spheres, and most importantly – more clearly differentiate «their» and «foreign» symbols.

Perception of symbols by humanities-minded students

In the educational brand there are usually both graphic and semantic patterns of main directions of identification branding. Are the present-day university symbols consistent with it?

In communicative educational space MIIT brand exists as a symbolic unity, forming a space-time field of the subject. According to the survey (200 students responded, a sample is representative, quota and random) it is clear how students perceive the structure of MIIT brand, «body» of which is structured in color and graphic symbols of the «blue-speed train», and intention of the soul is expressed in the name and the verbal message from the time of the last of the Romanovs: first, Imperial College, then settled – MIIT, in today's time and space – State University of Railway Engineering. The visual component of the image reflects the deeper meanings of students as the subject of social communication: «we are all in the same train», «strive forward», «up to date», «future», «absence of obstacles: no traffic jams», «comfort, safety, speed, stability, taste for life», «the road everywhere: to Europe, Asia».



Anthropological and axiological attributes of the brand act as a personalized symbolism: sculpture near the main building of the university – a bronze image of the eternal student sample of the XIX century with epaulets, on which there are ax and anchor. With regard to the unity of humanitarian and technical spheres, maybe it appears in the type of behavior, which is shown in the sculpture: with dignity, holding a book in his hand, this young man is ready to comprehend the knowledge, at its disposal there is a wide range of associations for programming certain mentality, feelings and ideas, positive attitude to the subject of communication. In the view of respondents this student «is a fine fellow, they want to model themselves on him», «looks to the future», «for us he sits in the rain, in the snow, he wants us to remember history, respect alma mater», «waits for his train», «is purposeful, focused, likes to learn», «is steadfast in his legs, his posture, and the rector of MIIT offered to clean the shoes of this sculpture during the session», «is ready to leap into a new», «may be a companion», «gives us a part of himself», «calls upon to do as well as he, along with him, and even better», «he respects the passers-by».

Ax and anchor on his epaulettes mean (apart from the main semantic load of united water and land routes) in conjunction with a graphic logo «blue train»: «the oldest higher education institution with a modern spirit».

In a holistic interpretation we obtain the following: «everyone is waiting for his train», «road to life», «way to study, to work», «assurance that we will reach the destination», «all have enough space on the train», «a proverb «gnaw granite of science» becomes real and close and appears the understanding that «it is exciting».

As a result, the symbolism of the brand MIIT adequately positions itself for a humanities-minded student as a tool for constructing his own identity «mitovets» in the field of various social practices.

Symbols in the perception of the students-«techies»

Engineering students may not need to strengthen corporate identity, as they originally focus on the transport sector by the choice of profession. It is possible that the symbols for them are just an accompanying legend.

Of 200 respondents in this category (the sample is representative as for quota and random) 80% visited a museum containing many unique exhibits: a laboratory of Proskuryakov, installation of Maksimenko, flags of the Soviet period, the vessel of Kablukov [famous MIIT professors of 19th and 20th centuries- ed. note]. They visited museums of physics and geodesy of corresponding departments. They saw a bust of Kochenov, and a stele of Volodin, a monument to Dzerzhinsky [personalities of railway ministry of respective periods – ed.note]. They saw all of this, but 70% consider these exhibits only as an educational material and not as a cultural heritage, not as symbols.

Keywords: higher school, higher education institution rating, educational brand, competitiveness, identification branding, corporate identity, social integration, communication.

REFERENCES

1. Pertsya, V., Mamleeva, L. Anatomy of a brand [Anatomiya Brenda]. Moscow, Verzhina publ., 2007, 222 p.
2. Yakunin, V. New matrix of holding management [Novaya matrixa upravleniya holdingom]. RZhD–Partner, 2013, Iss.3, p. 12.
3. Dostoevsky, F.M. Collected Works in 15 volumes [Sobranie sochineniy v 15 tomah]. Leningrad, Nauka publ. (Leningrad branch), 1991, Vol.9, 704 p.

Characteristically, all have been in the home church, but not everyone remembers a unique icon of St. Nicholas, where the saint is holding in his left hand a model of the main building of the university, as if protecting it from possible adverse effects, giving educational brand of MIIT a life-saving mission, saturating it with fertile energy.

The fact that such a symbol is a rare phenomenon for the university, has not been noted by any person among the surveyed students of technical specialties.

The most recognizable symbol for the representatives of technical specialties is the same «eternal student», the figure of the imperial college. In this sculpture the students see their predecessor, with the same problems. Naturally, there is a transfer of identification, and on this basis there is trust and, as a consequence, the loyalty to the educational brand. Characteristically, that 65% of respondents said «the awareness that MIIT is a known educational brand came to them after entering the university».

«University logo and bronze student are the most memorable symbols» – was the conclusion of a fourth year student Natalia Ivanova, who participated in our field study. Recommendations to strengthen the awareness of students about university symbols sounded in her speech at the Student Scientific Conference «Science for Transport» and it is quite natural. The main areas of work: «during the course in history to tell the story of historical formation of the university», «to show a film about the symbols of the university for prospective students», «to make a tradition to show the museum not only to students, but also to prospective students».

These recommendations were embodied in expanded form in the report of 4th year students Christina Shauro, Maria Gracheva «Open Day as PR-project», in the study of Galina Lysenkova and Yulia Timofeeva «MIIT Brand in the eyes of prospective students». They gave data from a survey of students about the most important criteria when choosing a university. It has been confirmed that this is a notable brand of the university.

Conclusions. All these studies prove that there is a need in the modern context to revive the meaning of the symbols and cultural heritage of MIIT, closely connect the current educational and socialization tasks of the university with a professional engineering training of students and their prospects in the real working life in the transport sector.

In awareness of the involvement of students in the educational brand symbols play identification, programming and cognitive role. Students begin to feel that they belong to the socially significant reference group of railway workers. Moreover, these symbols remain stable communication between educational brand and a student's personality. The results of this communication are indicative not only of the students who are able to think in humanitarian paradigm.

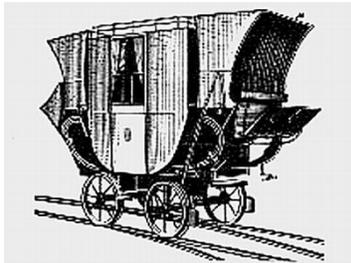
Координаты автора (contact information): Воронцова Н.Н. (Vorontsova, N.N.) – nat.authority@gmail.com.

Статья поступила в редакцию / article received 20.12.2013
Принята к публикации / article accepted 05.03.2014

TV

ПЕРИОДИЗАЦИЯ 160

Методологические подходы к техническим артефактам.



ТРАНСПОРТНАЯ МЕДИЦИНА 170

Зубоврачевание на дальневосточных путях сообщения.

ПРЕСС-АРХИВ 182

Перспективы, грозившие уйти в песок.



КОЛЕСО ИСТОРИИ • HISTORY WHEEL



PERIODIZATION 160

Methodological approaches of technical artefacts.

$$K_{\text{ИМ}} = 100 \% \frac{\sum_1^n q_{\text{ИМ}i} Z_i}{Z_{\text{max}}^{\text{ИМ}} \sum_1^n q_i}$$

TRANSPORT HEALTH 170

Odontology at Far Eastern railways.



NEWS FROM... THE ARCHIVES 182

Prospects that risked coming to naught.



Методология исследования истории транспортной техники



Михаил БОЛОТИН
Mikhail M. BOLOTIN

Сергей АНДРИЯНОВ
Sergey S. ANDRIYANOV



Болотин Михаил Михайлович – доктор технических наук, профессор кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

Андриянов Сергей Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» МИИТ, Москва, Россия.

Статья раскрывает методологические подходы к исследованию истории техники. Изложены основные понятия производственной и транспортной техники, машин и механизмов, а также принципы и методы изучения исторических явлений и фактов. Особое внимание уделено периодизации историко-технических процессов, опыту применения хронологического и хронологическо-проблемного принципов. Кроме того, рассмотрены логический метод, исторический метод, метод математизации и метод моделирования. Предложен обобщенный принцип звенности-замещения для периодизации процессов развития техники. Введена новая категория – уровень интеллектуальности автоматических машин, назван способ его количественной оценки.

Ключевые слова: история, вагоны, локомотивы, производственная техника, методологические подходы, принцип историзма, принцип замещения, принцип звенности машин, обобщенный принцип звенности-замещения, периодизация истории техники, метод математизации, уровень интеллектуальности автоматических машин.

Исследование истории транспортной и производственной техники способствует обобщению историко-технического материала, выявлению границ знаний о предмете, уменьшению области незнания путем введения в научный оборот новых понятий или методологических подходов, воссозданию целостного представления о процессах и явлениях, протекающих на транспорте.

Для начала применительно к истории производственной техники (включая в том числе локомотивы и вагоны) следует вспомнить исходные понятия.

Техника – совокупность средств человеческой деятельности, созданных для осуществления процессов производства и обслуживания непроизводственных потребностей общества [1, с. 497].

К производственной технике относят инструменты, механизмы, машины, аппараты управления машинами и др., а к транспортной технике – транспортные средства (подвижной состав: паровозы, тепловозы, электровозы, вагоны), технические средства механизации погрузочно-разгрузочных и складских процессов; средства механизации и ав-

томатизации в инфраструктуре транспорта [1, с. 497].

Инструмент – орудие для работы (ручной инструмент: молоток, лом, ножовка, гаечный ключ, коловорот, дрель; механизированный инструмент: пневмомолоток, пневморубильник (пневмоотбойник), электропила, электрогайковерт (пневмогайковерт), электродрель) [1, с. 184].

Механизм – совокупность подвижно соединенных тел (звеньев, частей), совершающих под действием приложенных сил определенные целесообразные движения. Совокупность двигательного, передаточного и исполнительного механизмов (звеньев, частей: машины-двигателя, передаточного механизма или преобразователя и машины-орудия) образует машину [1, с. 287].

Машина – механическое устройство с согласованно работающими частями, осуществляющее определенные движения под управлением человека для преобразования энергии, материалов или информации [1, с. 278].

Автоматическая машина – машина, функционирующая непрерывно и управляемая по жесткому или перепрограммируемому алгоритму с использованием энергии неживой природы без непосредственного участия людей.

Интеллектуальная автоматическая машина – машина, функционирующая непрерывно и управляемая с помощью интеллектуальных датчиков по перепрограммируемому алгоритму с использованием энергии неживой природы без всякого участия людей (интеллектуальные промышленные роботы, робототехнические комплексы).

ЛОГИКА И ПРИНЦИПЫ

Методы изучения истории [4–7] представляют собой способы исследования исторических и историко-технических процессов через исторические факты с целью получения новых знаний. К ним относятся: логический метод, предусматривающий применение метода индукции – движение мысли от единичного к общему, метода дедукции – движение мысли от общего к частному, методов формальной логики, включая алгебру логики (или булеву алгебру); исторический метод – изучение явлений и процессов в их хроно-

логическом развитии со всеми неповторимыми чертами, деталями, особенностями по принципам и правилам работы с первоисточниками [3]; метод периодизации; метод математизации; метод моделирования.

Основными научными принципами изучения истории производственной и транспортной техники, истории гражданского общества являются [3–6]:

– *принцип объективности* – опора на факты в их истинном содержании с учетом положительных и отрицательных сторон;

– *принцип социального подхода* – рассмотрение истории с учетом социальных интересов всех слоев населения;

– *принцип историзма* – исследование исторических фактов, явлений и событий в их развитии и взаимосвязи;

– *принцип системности* (системного подхода) – совокупность методологических принципов, рассматривающих объект как систему, состоящую из взаимосвязанных элементов (вагонное депо как система автоматического регулирования производительности (Болотин М. М.); вагоноремонтный комплекс как самоорганизующаяся система (Сирина Н. Ф.); железнодорожный транспорт как система автоматизированного управления транспортными потоками (Мишарин А. С.); грузовой вагон как существенно нелинейная система с переменной структурой (Филиппов В. Н.);

– *принцип хронологии* – изложение событий в их временной последовательности;

– *принцип хронологическо-проблемный* – изложение событий по периодам (этапам) с отражением их внутренних проблем;

– *принцип проблемно-хронологический* – изложение поэтапного развития какой-либо проблемы в истории государства [3].

МЕТОД ПЕРИОДИЗАЦИИ

Он предполагает деление процессов развития на основные качественно отличающиеся друг от друга периоды (этапы) в соответствии с установленным критерием (принципом) [2, с. 985]. Периодизация (систематизация) исторических и историко-технических процессов – важнейший элемент методологии истории [5, с. 80]. Периодизацию развития гражданского общества чаще всего осуществляют с ис-



пользованием формационного, цивилизационного, хронологического, хронологическо-проблемного и проблемно-хронологического критериев (принципов). В работе [4, с. 75] отмечается, что «механически переносить на историю техники критерии периодизации гражданской истории недопустимо».

Поэтому периодизацию истории производственной и транспортной техники осуществляют с использованием принципов замещения, звенности, хронологии, хронологическо-проблемного, а для классификации техники внутри периодов применяют энергетический принцип, принцип функционального назначения, принцип конструкционных материалов, принцип конфигурации, принцип формы и др. [3–5, 7].

Наибольшее распространение при историко-техническом исследовании получил принцип замещения человека техническими устройствами при выполнении им функций, связанных с физическим и умственным трудом. Исходя из этого принципа различают пять периодов в истории производственной техники [4, с. 75]: инструментальный (вооружение человека ручными орудиями труда); механический (замена двигательных функций человека механизмами); механизированный (замена человека машиной); автоматический (замена человека автоматической машиной); кибернетический (замена мыслительных функций человека кибернетическими устройствами).

Примерно аналогичные этапы развития производственной техники выделены в работе [9, с. 13]: первый этап – использование простейших орудий труда; второй – использование инструментов и простейших механизмов; третий – использование машин; четвертый – автоматизация производства; пятый – комплексная автоматизация производства. Различие этой и предыдущей периодизаций развития техники заключается в том, что в первом случае процесс касается самой производственной техники, а во втором – развития производства.

Следует отметить, что автоматизация производства (при использовании типовых автоматов, включая и промышленные роботы) проходит не два, а три этапа в своем

развитии [10, с. 126–129]: первый – автоматизация рабочего цикла машины, создание универсальных, специализированных и специальных полуавтоматов и автоматов, станков с ЧПУ на базе автоматических регуляторов и микропроцессоров; второй – автоматизация системы машин (создание автоматических линий массового производства и гибких автоматизированных линий); третий – комплексная автоматизация производства (применение гибких автоматизированных участков, цехов и предприятий).

Классификация-периодизация производственной техники (производственных машин) с использованием принципа звенности приведена в [11, с. 8–15]. Критерий принципа звенности предполагает что машина представляет собой совокупность трех звеньев – машины-двигателя, передаточного механизма, машины-орудия [1, с. 287].

Исходя из принципа звенности [11, с. 8–15], различаются следующие периоды развития производственной техники: ручные инструменты (орудия труда), использующие энергию живой природы, – машины нулевой звенности ($Z=0$); ручные инструменты, снабженные механическим усилителем, – машины единичной звенности ($Z=1$); механизированные инструменты, использующие энергию неживой природы, – двухзвенные машины ($Z=2$); машины, управляемые человеком, – трехзвенные ($Z=3$); машины-полуавтоматы с частичным участием человека ($Z=3,5$); машины-автоматы с жестким автоматическим циклом работы ($Z=4$); машины-автоматы с гибким (перепрограммируемым) циклом ($Z=4,5$); машины-автоматы гибких автоматизированных линий ($Z=4,75$); машины-автоматы гибких автоматизированных участков ($Z=5$).

Машины, имеющие звенность $Z < 3$, считаются машинами низкого технического уровня, а машины со звенностью $3 < Z \leq 5$ – высокого технического уровня.

Принцип звенности позволяет не только осуществлять периодизацию производственной техники, но и техники транспорта (вагонов) [10, 11, 13]. Так, в [12] принцип звенности впервые использован в качестве критерия периодизации (классификации) узлов грузовых вагонов, а в работе [13] – пассажирских вагонов.

Применив принцип замещения к приведенной ранее классификации машин по принципу звенности, можно получить укрупненную их периодизацию, включающую пять этапов развития: машины-инструменты; машины-механизмы; машины, управляемые человеком; машины-автоматы с жестким автоматическим циклом; машины-автоматы с гибким автоматическим циклом. Такаая периодизация в основном сходится с периодизацией в работе [4].

Исходя из приведенных результатов, можно предложить объединить принцип звенности и принцип замещения в один *обобщенный (универсальный) критерий – принцип звенности-замещения*. В этом случае категория «звенность» характеризует конструктивное совершенство техники, а категория «замещение» – выполняемую техническим устройством функцию по замещению человека на различных этапах развития.

Предположительно принцип звенности-замещения машин можно применить и для периодизации кибернетических машин, замещающих уственную деятельность человека [4, с. 75]. Кибернетические логично отнести к машинам нового качества – интеллектуальным роботизированным, уровень которых выше машин гибких автоматизированных участков.

Можно допустить, что интеллектуальные автоматические машины по сравнению с машинами гибких автоматизированных участков дополнительно снабжены суперзвеньями нового качества, самостоятельно изменяющими алгоритмы своего действия в зависимости от состояния внешней среды. Например, интеллектуальную роботизированную машину со звенностью $Z=5,5$ можно считать принадлежащей первому поколению, со звенностью $Z=6$ – интеллектуальной машиной второго поколения, со звенностью $Z=6,5$ – третьего поколения, со звенностью $Z=7$ – машиной четвертого поколения. Причем все они отличаются определенной степенью замены умственной деятельности человека.

Принцип звенности-замещения позволяет тем самым расширить границы изменения звенности машин и *ввести новый критерий их совершенства – уровень интеллектуальности автоматических машин*.

По аналогии с формулой (1.6) в [11, с. 20] этот уровень можно количественно определить из соотношения

$$K_{\text{им}} = 100 \% \frac{\sum_1^n q_{\text{им}i} \cdot Z_i}{Z_{\text{max}}^{\text{им}} \sum_1^n q_i},$$

где n – общее число рассматриваемых механизмов (устройств) интеллектуальной автоматической машины;

$q_{\text{им}i}$ – число движений, осуществляемых i -м механизмом машины в цикле ее работы под управлением интеллектуального устройства со звенностью Z_i ;

$Z_{\text{max}}^{\text{им}}$ – максимальная звенность интеллектуальных машин ($Z_{\text{max}}^{\text{им}} = 7$ для рассматриваемой ситуации);

q_i – общее число движений, осуществляемых i -м механизмом интеллектуальной автоматической машины.

Периодизацию истории технических наук, производственной и транспортной техники с использованием в качестве критериев хронологического и хронологическо-проблемного принципов осуществляют в тех случаях, когда важно подчеркнуть последовательность развития историко-технических процессов или поэтапного становления какой-либо технической науки.

В работе [15] для заданного этапа развития гражданского общества – рабовладельческой цивилизации подробно исследуются с использованием хронологическо-проблемного принципа вопросы становления технических средств различных видов транспорта. При этом на каждом этапе их развития автор вскрывает возникшие проблемы и интерпретирует технологии их разрешения, достижения науки, техники и энергетики, объясняет признаки перехода от одного периода к другому.

Применение хронологического принципа для периодизации развития технических средств и технологий морского транспорта нефти и нефтепродуктов демонстрируется в работе [16]. Здесь на основе исследования историко-технических процессов отражены





основные события в области морского транспорта нефти и нефтепродуктов, представленные в форме хронологической таблицы [16, с. 9].

Профессор Л. А. Шадур [17] применил хронологический принцип для периодизации становления и развития отечественной науки о вагонах (1835–1994 гг.) в области: продольной динамики, взаимодействия вагона и железнодорожного пути, колебаний вагонов, прочности, надежности, совершенствования конструкций и теплоэнергетики вагонов, сварных конструкций вагонов, автотормозов, технологии и организации производства на вагоноремонтных и вагоностроительных предприятиях.

В работе [18, с. 10–24] отражен опыт формирования хронологии зарождения и развития вагонного парка России в период с 1846 по 1933 год, начала эксплуатации первых грузовых и пассажирских вагонов отечественной постройки.

МАТЕМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ

Принято считать, что математизация исторических исследований берет отсчет «с 1960 года, когда в России при отделении истории РАН, во Франции, США, Австрии были организованы соответствующие научные центры» [19].

Особенность современного этапа математизации исторических и историко-технических процессов заключается в широком применении разнообразных математических методов:

– вычислений и элементов теории вероятностей [20, с. 347–412, 191–279]; элементов математической статистики [21]; статистических методов, позволяющих устанавливать уравнения связи между случайными переменными и определять вероятности появления событий, различных методов прогнозирования [22, с. 9–20; 54–61];

– методов формальной логики (логические основы вопросно-ответного мышления, теория аргументации, основы логики доказывания и др.) [23]; алгебры логики (высказываний) [12];

– методов экспертных оценок, представляющих собой количественные и порядковые оценки процессов и явлений, основанных на суждениях специалистов [22, с. 99–

112], а также оценки достоверности экспертных решений по частотному критерию и коэффициенту вариации [24, с. 9–10];

– метода формологического анализа, заключающегося в выделении элементов по принципам функциональной значимости и роли, нахождении решения проблемы, которое устраняет существующее препятствие к развитию [25];

– методов структурного анализа производственной и транспортной техники [12], кластерного анализа и др.

Разумеется, применение столь сложного инструментария требует не только высокой специальной подготовки, но и адекватных общефилософских знаний, методологической грамотности.

ВИДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Моделирование – исследование каких-либо явлений, историко-технических процессов или систем путем построения и изучения их моделей, отображающих определенные стороны истории техники [2, с. 816; 5, с. 81]. Модели историко-технических процессов предполагают три вида:

- модели проведения историко-технического анализа;
- модели прогнозирования;
- модели операций.

В работе [5, с. 78–79] предложена многоуровневая иерархическая модель проведения историко-технических исследований, берущая в расчет три взаимосвязанных этапа: фактологический (собирательный), интерпретационный (аналитический), законотворческий (теоретический). Графически она представлена в виде раскручивающейся спирали развития техники, включающей четыре полных витка, соответствующих периодам развития производственной техники: инструментальный, механический, машинизации и автоматизации. Кибернетический период представлен неполным витком [4].

Наиболее распространенным видом моделирования машин и процессов является математическое компьютерное моделирование с использованием прогностических моделей, позволяющих находить наилучшее описание тренда и определять прогнозные значения исследуемых параметров [11, с. 9–20; 23, 95–97].

ВЫВОДЫ

Совокупность предложенных понятий производственных и транспортных машин, принципов и методов исследования историко-технических процессов их развития, методов их периодизации, математизации и моделирования, использование названных теоретических положений позволили сформировать соответствующую методологию.

Наибольшее внимание уделено методам и принципам периодизации, поскольку они являются важнейшими элементами методологии историко-технических исследований, основными элементами их научной новизны. Предложен новый обобщенный принцип периодизации истории производственной и транспортной техники — принцип звенности-замещения, показаны его связь с принципом замещения и возможности для анализа интеллектуальных машин. Введена новая оценочная категория — уровень интеллектуальности автоматической машины, определен способ его количественной оценки.

Подчеркнуто значение принципа хронологии для периодизации истории развития машин, систем автоматики и сопутствующей им техники. Выделен опыт применения принципа замещения и принципа хронологическо-проблемного при периодизации истории транспорта и другой техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Политехнический словарь / Гл. ред. И. И. Артоболевский. — М.: Советская энциклопедия, 1976. — 608 с.
2. Советский энциклопедический словарь / Гл. ред. А. М. Прохоров. — 2-е изд. — М.: Советская энциклопедия, 1983. — 1600 с.
3. <http://otvet.mail.ru/question/76141646>. Доступ 25.04.2014.
4. Дячкин Н. И. Периодизация истории развития техники // Известия Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова. — 2010. — № 4/2 (68). — С. 75–80.
5. Дячкин Н. И. Современная методология истории техники // Известия Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова. — 2011. — № 4/1 (72). — С. 78–83.
6. Ельчанинов В. А. Принцип системности в историко-социологическом исследовании // Известия Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова. — 2013. — № 4 (80). — С. 219–223.
7. Антонец И. В., Циркин А. В. История и методология научного исследования: учеб. пособие. — Ульяновск: УлГТУ, 2010. — 90 с.

8. Большой толковый словарь русского языка / Е. Д. Терехова, И. Р. Григорян. — М.: Дом славянской книги, 2009. — 736 с.

9. Самуйлов В. М. Методология и технология формирования модулей функционального соответствия для повышения эффективности организации производства на железнодорожном транспорте / Автореф. дис... док. техн. наук. — М.: 1999. — 48 с.

10. Железнодорожная транспортная система. Эффективность, надежность, безопасность / А. М. Призмазонов [и др.]; под ред. А. М. Призмазона. — М.: Желдориздат, 2002. — 428 с.

11. Болотин М. М., Новиков В. Е. Системы автоматизации производства и ремонта вагонов: учебник. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Маршрут, 2004. — 310 с.

12. Болотин М. М., Воротников В. Г., Козлов М. В. Математические методы структурного анализа машин и оптимизации параметров производства // Наука и техника транспорта. — 2009. — № 2. — С. 56–64.

13. Глазков В. Н. Новые подходы к оценке технического уровня пассажирских вагонов для перевозки пассажиров и туристов // Транспорт: наука, техника, управление. — 2011. — № 8. — С. 8–11.

14. Методические материалы для подготовки к кандидатскому экзамену по истории и философии науки. История технических наук / Редактор-составитель О. Д. Симоненко. — М.: Диполь-Т, 2003. — 105 с.

15. Галахов В. И. Транспорт рабовладельческой цивилизации // Мир транспорта. — 2012. — № 6. — С. 196–206; 2013. — № 2. — С. 210–222.

16. Иванов А. И. Развитие технических средств и технологий морского транспорта нефти и нефтепродуктов / Автореф. дис... канд. техн. наук. — Уфа, 2013. — 24 с.

17. Шадур Л. А. Отечественная наука о вагонах и вклад кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» МИИТ в её развитие. — Екатеринбург, 1997. — 53 с.

18. Конструирование и расчет вагонов: учебник / В. В. Лукин [и др.]; под ред. П. С. Анисимова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Учебно-метод. центр по образованию на ж. д. транспорте, 2011. — 688 с.

19. Абрамов В. К. О применении количественных методов в исторических исследованиях [Электронный ресурс] // Успехи современного естествознания. — 2008. — № 4. — С. 47–48. Режим доступа URL: www.rae.ru. Доступ 25.04.2014.

20. Высшая математика в упражнениях и задачах с решениями: В 2 ч. — Ч. 2 / П. Е. Данко [и др.]. — 7-е изд., испр. — М.: Оникс; Мир и образование, 2009. — 448 с.

21. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: учеб. пособие. — 9-е изд., стер. — М.: Высшая школа, 2004. — 404 с.

22. Болотин М. М. Автоматизированные рабочие места вагоноремонтного производства. — Часть 2: Поиск решений. Модели и экспертиза производства: учеб. пособие. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: МИИТ, 2008. — 126 с.

23. Малахов В. П. Формальная логика: учебник. — М.: Академический проект, 2001. — 384 с.

24. Болотин М. М., Глазков В. Н. Экспертное решение: достоверность // Транспорт: наука, техника, управление. — 2012. — № 12. — С. 9–10.

25. Колесников М. В. Методика разработки морфологической идентификации параметров управления предприятием // Вестник РГУПС. — 2005. — № 1. — С. 81–83.



METHODOLOGY OF THE STUDY OF TRANSPORT MACHINERY HISTORY

Bolotin, Mikhail M. – D. Sc. (Tech), professor at the department of Cars and cars economy, Moscow State University of Railway Transport (MIIT), Moscow, Russia.

Andriyanov, Sergey S. – Ph.D. (Tech), associate professor at the department of Cars and cars economy, Moscow State University of Railway Transport (MIIT), Moscow, Russia.

ABSTRACT

The article reveals methodological approaches to the study of history of production and cars machinery. The basic concepts of production and transport machinery, machines and tools, as well as the principles and methods of the study of history are described. Particular attention is paid to the periodization of historical and technical processes and experiences in applying chronological and chronological-problematic principles. In addition, the authors consider logical method, historical method, mathematization and modeling method. A generalized principle of links-substitution for periodization of technology development processes is offered. A new category is introduced – the level of intelligence of automatic machines, the method of its quantitative assessment is mentioned.

ENGLISH SUMMARY

Background. Study of the history of transport and production machinery promotes generalization of historical and technical material, determination of limits of knowledge about the subject, reduction of the area of ignorance by introducing into scientific use new concepts or methodological approaches, reconstruction of a holistic understanding of the processes and phenomena that occur in transport field.

To begin with reference to the history of production machinery (including locomotives and cars) it is necessary to remember the original concept.

Machinery is set of means of human activity created for the processes of production and service of non-production needs of society [1, p. 497].

Manufacturing machinery includes tools, mechanisms, machines, machine control devices, etc., And transport machinery includes vehicles (rolling stock: locomotives, diesel locomotives, electric locomotives, cars), technical means of mechanization of cargo handling and storage processes; mechanization and automation in transport infrastructure [1, p. 497].

Tool is an instrument for work (hand tools: hammer, crowbar, hacksaw, wrench, brace, drill, power tools: pneumatic hammer, pneumatic circuit breaker, electric saw, electric wrench, electrical drill) [1, p. 184].

Mechanism is a set of flexibly jointed bodies (links, parts), which under the influence of applied forces make some desirable movements. The totality of power, transmission, and actuating mechanisms (links, parts: of machine- engine, gear or converter and power tool) forms a machine [1, p. 287].

Machine is a mechanical device with consistently working parts, performing certain movements under the control of a man for conversion of energy, material or information [1, p. 278].

Automatic machine is a machine that operates continuously and controlled by hard or reprogrammable algorithm using the energy of inanimate nature without direct participation of people.

Intelligent automatic machine is a machine that operates continuously and controlled by intelligent sensors on reprogrammable algorithm using the energy of inanimate nature, without any involvement of people (intelligent industrial robots, robotic systems).

Objective. The objective of the authors is to investigate methodological approaches to studying history of production and transport machinery development.

Methods. Methods of studying the history [4–7] are research methods of historical and historical-technical processes through historical facts in order to obtain new knowledge. They include: a logical method, providing for application of the method of induction – movement of thought from the individual to the general, the method of deduction – the movement of thought from the general to the particular, the methods of formal logic, including algebra of logic (propositional formulas or Boolean algebra); historical method – the study of phenomena and processes in their chronological development with all unique features, parts, especially on the principles and rules of work with primary sources [3]; method of periodization; mathematization method; modeling method.

Basic scientific principles of studying the history of manufacturing and transport equipment, the history of civil society are [3–6]:

- The principle of objectivity – the reliance on facts in their true content with positive and negative aspects;

- The principle of social approach – considering the history with account of social interests of all segments of the population;

- The principle of historicism – the study of historical facts, phenomena and events in their development and relationships;

- The principle of systemacity (systems approach) – a set of methodological principles, considering an object as a system composed of interconnected elements (car shed as an automatic control system of performance (Bolotin, M.M.), car-repair complex as a self-organizing system (Sirina, N.F.); rail transport as a system of automated traffic management (Misharin, A.S.); freight car as an essentially non-linear system with variable structure (Filippov, V.N.);

- The principle of chronology – description of events in their time sequence;

- The chronological-problem principle – description of events in periods (stages) with reflection of their internal problems;

- The problem-chronological principle – description of the phased development of a problem in the history of the state [3].

Results.

The method of periodization

It divides the development processes into main qualitatively different from each other periods (stages) in accordance with established criteria (principle) [2, p. 985]. Periodization (systematization) of historical and historical-

technical processes is an essential element of the methodology of history [5, p. 80]. Periodization of the development of civil society is most often carried out using formative, civilization, chronological, chronological-problem and problem-chronological criteria (principles). In [4, p. 75] it is noted that «it is unacceptable to transfer mechanically the criteria of periodization of civil history to the history of technology».

Therefore periodization of the history of production and transport machinery is carried out using the principles of substitution, links, chronology, chronological-problem, and for the classification of machinery within periods energy principle, principle of functional purpose, principle of structural materials, configuration principle, principle of form and others are used. [35, 7].

The most popular in the historical and technical study is the principle of substitution of a man with technical devices in the performance of functions related to physical and mental labor. Based on this principle five periods in the history of production machinery are distinguished [4, p. 75]: instrumental (people start using hand tools); mechanical (replacement of motion functions of a man with mechanisms); mechanized (replacement of a man with a machine); automatic (replacement of a man with an automatic machine); cybernetic (replacement of human mental functions with cybernetic devices).

Roughly similar stages of manufacturing machinery are highlighted in [9, p. 13]: the first stage – the use of simple tools; the second – the use of tools and the simplest mechanisms; the third – the use of machines; the fourth – automation of production; the fifth – comprehensive automation of production. The difference of this and the previous periodization of technology development is that in the former case, the process concerns the production machinery itself, and in the second – the development of production.

It should be noted that automation of production (using standard machines, including industrial robots) passes not two, but three stages in its development [10, p. 126–129]: the first – automation of a working cycle of a machine, creating a universal, specialized and special semiautomatic and automatic machines with CNC on the basis of automatic controllers and microprocessors; second – automation of systems of machines (automatic creation of lines of mass production and flexible automated lines); the third – comprehensive automation of production (use of flexible automated sites, shops and businesses).

Classification-periodization of production machinery (production machines) using the principle of links is given in [11, p. 8–15]. Criterion of the principle of links implies that the machine is a set of three links – car-engine, gear, machine-tool [1, p. 287].

Based on the principle of links [11, p. 8–15], we define the following periods of production machinery development: hand tools (hand tools), using the energy of wildlife – machines of zero links ($Z = 0$); hand tools, equipped with a mechanical amplifier – machines of unit links ($Z = 1$); power tools, using the energy of inanimate nature, – two-link machines ($Z = 2$); machines driven by a man – three-link ($Z = 3$); semiautomatic machines with partial human involvement ($Z = 3,5$);

automatic machines with rigid automatic cycle of operation ($Z = 4$); automatic machines with flexible (reprogrammable) cycle ($Z = 4,5$); automatic machines of flexible automated lines ($Z = 4,75$); automatic machines of flexible automated sections ($Z = 5$).

Machines having links $Z < 3$ are considered as machines of a low technical level, and machines with links $3 < Z \leq 5$ – of a high technical level.

The principle of links allows not only to make a periodization of production machinery, but also transport machinery (cars) [10, 11, 13]. For example, in [12] principle of links is first used as a criterion of periodization (classification) of junctions of freight cars, and in [13] – of passenger cars.

Applying the principle of substitution to the earlier given classification of machines based on the principle of links, it is possible to get their enlarged periodization, which includes five stages of development: machine-tools; machine-mechanisms; machines managed by a man; automatic machines with rigid automatic cycle; automatic machines with flexible automatic cycle. This periodization is basically consistent with periodization in [4].

Based on the above results, we propose to combine the principle of links and the substitution principle in one generalized (universal) criterion – the principle of links-substitution. In this case, the category of «links» characterizes constructive engineering excellence, and the category of «substitution» – a function performed by a technical device to replace a person at different stages of development.

Presumably the principle of links-substitution of machines can be applied to the periodization of cybernetic machines replacing mental activity of a person [4, p. 75]. Cybernetic machines should logically be attributed to the machines of a new quality – intelligent robotic, the level of which is higher than the level of machines of flexible automated sites.

It can be assumed that the intelligent automatic machine in comparison with the machines of flexible automated sections are additionally equipped with superlinks of a new quality, independently changing algorithms of the action depending on the state of the environment. For example, a intelligent robotic machine with links $Z = 5,5$ can be considered as an intelligent machine of the first generation, a machine with links $Z = 6$ as an intellectual machine of the second generation, a machine with links $Z = 6,5$ – a machine of the third generation, a machine with links $Z = 7$ – a machine of the fourth generation. And they all differ in a certain degree of replacement of human mental activity.

The principle of links-substitution allows thereby expanding the limits of variation of links of machines and introducing a new criterion of their perfection – the level of intelligence of automatic machines. By analogy with the formula (1.6) in [11, p. 20], this level can be quantitatively determined from the relationship

$$K_{\text{им}} = 100 \% \frac{\sum_{i=1}^n q_{\text{им}i} Z_i}{Z_{\text{им}} \sum_{i=1}^n q_i},$$



where n – the total number of considered mechanisms (devices) of the intellectual automatic machine;

$q_{\text{ИМ}i}$ – number of movements carried out by

the i -th mechanism of the machine in the cycle of its operation under the control of the smart device with links Z_i ;

$Z_{\text{max}}^{\text{ИМ}}$ – maximum links of intelligent machines (

$Z_{\text{max}}^{\text{ИМ}} = 7$ for this situation);

q_i – total number of movements, carried out by

the i -th mechanism of the intelligent automatic machine.

Periodization of the history of technical sciences, production and transport machinery, using as criteria chronological and chronological-problematic principles is carried out in those cases where it is important to emphasize the sequence of historical and technical processes or phased formation of a technical science.

In [15], for a given stage of development of civil society – the slave civilization the issues of formation of technical means of different types of transport are examined in detail using a chronological-problem principle. At each stage of their development the author reveals problems and interprets techniques of their solution, advances in science, technology and energy, explains the signs of transition from one period to another.

Application of chronological principle for periodization of development of technical means and technologies of maritime transport of oil and oil products is demonstrated in [16]. Here, based on the study of historical and technical processes the main event in the field of maritime transport of oil and oil products are highlighted and presented in the form of a chronological table [16, p. 9].

Professor L. A. Shadur [17] applied a chronological principle for periodization of formation and development of domestic science of cars (1835–1994 years) in the field of: longitudinal dynamics, interaction of a car and a railway track, oscillation of cars, strength, reliability, improving the design of cars and thermal engineering of cars, welded structures of cars, automatic brakes, technology and organization of production at car-repair and car-building enterprises.

The work [18, p. 10–24] reflects the experience in forming the chronology of origin and development of rolling stock in Russia from 1846 to 1933, the beginning of the operation of the first freight and passenger cars of domestic production.

Mathematization of processes

It is considered that the mathematization of historical research takes the count «since 1960, when in Russia within the Department of History of Academy of Sciences, in France, the USA, Austria relevant research centers were organized» [19].

A distinctive feature of the present stage of the mathematization of historical and historical-technical processes is the extensive use of a variety of mathematical methods:

– Computing and elements of probability theory [20, p. 347–412, 191–279]; elements of mathematical statistics [21]; statistical methods to establish the equation of connection between random variables and determine the probability of occurrence of events, different prediction methods [22, p. 9–20; 54–61];

– Methods of formal logic (logical foundations of question-answer thinking, argumentation theory, the foundations of logic and evidence, etc.). [23]; Boolean algebra [12];

– Methods of expert evaluation, which are quantitative and ordinal estimates of processes and phenomena, based on the judgments of experts [22, p. 99–112], as well as evaluating the reliability of expert decisions on the frequency criterion and the coefficient of variation [24, 9–10];

– Method of formative analysis, which involves the separation of the elements on the principles of functional significance and role, finding a solution to the problem, which removes existing barriers to the development [25];

– Methods of structural analysis of the production and transport machinery [12], cluster analysis, and others.

Of course, the use of such complex tools requires not only high specific training, but also adequate philosophical knowledge, methodological literacy.

Method of modeling

Modeling is a study of any phenomena, historical and technical processes or systems by constructing and studying their models, which reflect certain aspects of the technology history [2, p. 816; 5, p. 81]. Models of historical and technical processes involve three types:

- models of historical and technical analysis;
- forecasting models;
- models of operations.

In [5, p. 78–79], a multilevel hierarchical model of historical and technical research is offered, which takes in account three interrelated stages: fact (collective), interpretive (analytical), legislative (theoretical). Graphically, it is represented in the form of unwinding spiral of technology development, including four full turns, corresponding to the periods of production machinery development: instrumental, mechanical, mechanization and automation. Cybernetic period is represented by an incomplete turn. [4]

The most common type of modeling of machines and processes is mathematical computer modeling using predictive models to find the best description of the trend and determine the predicted values of the studied parameters [11, p. 9–20; 23, 95–97].

Conclusions. The set of proposed concepts of production and transport machines, principles and research methods of historical and technical processes of their development, methods of their periodization, mathematization and modeling, the use of these theoretical positions enabled to form an appropriate methodology.

The greatest attention is paid to the methods and principles of periodization, as they are essential elements of the methodology of the historical and technical research, the main elements of their scientific novelty. A new generalized principle of periodization of the history of production and transport machinery history – the principle of links-substitution, the authors showed its relation to the principle of substitution and the ability to analyze intelligent machines. A new evaluation category is introduced – level of intelligence of automatic machines, a way of its quantitative evaluation is defined.

The importance of the principle of periodization for the history of development of machines, automation systems and related theory is highlighted. The authors also emphasized the experience of the application of the substitution principle and the chronological-problem principle for periodization of the history of transport and other equipment.

Keywords: history, cars, locomotive, production machinery, methodological approaches, principle of historicism, substitution principle, principle of links of machines, generalized principle of links- substitution, periodization of history of technology, method of mathematization, level of intelligence of automatic machines.

REFERENCES

1. Polytechnic dictionary. Ch. Ed. I. I. Artobolevsky [Politehnicheskiy slovar'. Gl. red. I. I. Artobolevskiy]. Moscow, Sovetskaya entsiklopediya publ., 1976, 608 p.
2. Soviet Encyclopedic Dictionary. Ch. Ed. A. M. Prokhorov [Sovetskiy entsiklopedicheskiy slovar'. Gl. red. A. M. Prokhorov]. 2d ed. Moscow, Sovetskaya entsiklopediya publ., 1983, 1600 p.
3. <http://otvet.mail.ru/question/76141646>. Last accessed 25.04.2014.
4. Dyachkin, N. I. Periodization of the history of technology development [Periodizatsiya istorii razvitiya tekhniki]. *Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. I. I. Polzunova*, 2010, Iss.4–2, Vol.68, pp. 75–80.
5. Dyachkin, N. I. Modern methodology of technology history [Sovremennaya metodologiya istorii tekhniki]. *Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. I. I. Polzunova*, 2011, Iss.4–1, Vol.72, pp. 78–83.
6. Elchaninov, V. A. Principle of systemacity in historical and sociological study [Printsip sistemnosti v istoriko-sotsiologicheskoy issledovanii]. *Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. I. I. Polzunova*, 2013, Iss.4, Vol.80, pp. 219–223.
7. Antonets, I.V., Tsirkin, A. V. History and methodology of scientific research: educational guidance [Istoriya i metodologiya nauchnogo issledovaniya. Uchebnoe posobie]. Ulyanovsk, UIGTU publ., 2010, 90 p.
8. Large Dictionary of Russian language. E. D. Terekhova, I. R. Grigoryan [Bol'shoy tolkovyy slovar' russkogo yazyka. E. D. Terekhova, I. R. Grigoryan]. Moscow, Dom slavyanskoy knigi publ., 2009, 736 p.
9. Samuylov, V. M. Methodology and technology of forming modules of functional conformity to improve the efficiency of production organization in railway transport: Abstract of Ph.D. (Tech.) thesis [Metodologiya i tekhnologiya formirovaniya moduley funktsional'nogo sootvetstviya dlya povysheniya effektivnosti organizatsii proizvodstva na zheleznodorozhnom transporte, avtoref. dis... dok. tehn. nauk]. Moscow, 1999, 48 p.
10. A. M. Prizmazonov [et al.], ed. by Prizmazonov A. M. Railway transport system. Efficiency, reliability, safety [Zheleznodorozhnaya transportnaya sistema. Effektivnost', nadezhnost', bezopasnost']. Moscow, Zheldorizdat publ., 2002, 428 p.
11. Bolotin, M.M., Novikov, V. E. Automation systems for production and repair of cars: textbook. 2nd ed., rev. and enlarged [Sistemy avtomatizatsii proizvodstva i remonta vagonov, uchebnyk, 2-e izd., pererab. i dop]. Moscow, Marshrut publ., 2004, 310 p.
12. Bolotin, M.M., Vorotnikov, V.G., Kozlov, M. V. Mathematical methods of structural analysis of machines and optimization of parameters of production [Matematicheskie metody strukturnogo analiza mashin i optimizatsii parametrov proizvodstva]. *Nauka i tekhnika transporta*, 2009, N.2, pp. 56–64.
13. Glazkov, V. N. New approaches to assessment of technical level of passenger cars for transportation of passengers and tourists [Novye podhody k otsenke tekhnicheskogo urovnya passazhirskikh vagonov dlya perevozki passazhirov i turistov]. *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie*, 2011, N.8, pp. 8–11.
14. Methodical materials to prepare for the candidate exam on the history and philosophy of science. History of Technical Sciences. Edited and compiled by O. D. Simonenko [Metodicheskie materialy dlya podgotovki k kandidatskomu ekzaminu po istorii i filosofii nauki. Istoriya tekhnicheskikh nauk. Ed. by Simonenko O. D.]. Moscow, Dipol-T publ., 2003, 105 p.
15. Galahov, V. I. Transport of slaveholding civilization. *Mir transporta*. [World of Transport and Transportation] *Journal*, 2012, Iss. 6, pp. 196–206, 2013, Iss.2, pp. 210–222.
16. Ivanov, A. I. Development of technical means and technologies of maritime transport of oil and oil products. Abstract of Ph.D. (Tech.) thesis [Razvitiye tekhnicheskikh sredstv i tekhnologiy morskogo transporta nefiti i nefteproduktov. Avtoref. dis... kand. tehn. nauk]. Ufa, 2013, 24 p.
17. Shadur, L. A. Domestic science of cars and contribution of the Department «Cars and cars economy» of MIIT to its development [Otechestvennaya nauka o vagonah i vklad kafedry «Vagony i vagonnoye hozyaystvo» MIIT v ee razvitiye]. Ekaterinburg, 1997, 53 p.
18. Lukin V. V. [et al.], ed. by Anisimov P. S. Design and calculation of cars: textbook [Konstruirovaniye i raschet vagonov, uchebnyk]. 2d ed., rev. and enlarged. Moscow, Uchebno-metod. tsentr po obrazovaniyu na zh.d. transporte publ., 2011, 688 p.
19. Abramov, V. K. On application of quantitative methods in historical research [O primeneniі kolichestvennykh metodov v istoricheskikh issledovaniyakh] [Electronic resource]. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*, 2008 Iss.4, pp. 47–48. URL: www.rae.ru. Last accessed 25.04.2014.
20. Danko P. E. [et al.] Higher Mathematics in exercises and tasks with solutions: In 2 p. – Part 2 [Vysshaya matematika v uprazhneniyah i zadachah s resheniyami: V 2 ch. – Ch. 2, 7-e izd., ispr]. Moscow, Oniks publ., Mir i Obrazovanie publ., 2009, 448 p.
21. Gmurman, V. E. Guidance to solving tasks in the theory of probability and mathematical statistics: educational guidance [Rukovodstvo k resheniyu zadach po teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistike, uchebnoe posobie]. 9th ed., st. Moscow, Vysshaya shkola publ., 2004, 404 p.
22. Bolotin, M. M. Automated workplaces at a car-repair plant. – Part 2: The search for solutions. Models and production expertise: educational guidance. 2nd ed, rev. and enl. [Avtomatizirovannyye rabochie mesta vagonoremontnogo proizvodstva. Chast' 2. Poisk resheniy. Modeli i ekspertiza proizvodstva, uchebnoe posobie, 2-e izd., pererab. i dop]. Moscow, MIIT publ., 2008, 126 p.
23. Malahov, V. P. Formal logic: textbook [Formal'naya logika, uchebnyk]. Moscow, Akademicheskii proekt publ., 2001, 384 p.
24. Bolotin, M.M., Glazkov, V. N. Expert decision: reliability [Ekspertnoye reshenie: dostovernost']. *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie*, 2012, N.12, pp. 9–10.
25. Kolesnikov, M. V. Methods of development of morphological identification of parameters of the enterprise management [Metodika razrabotki morfologicheskoy identifikatsii parametrov upravleniya predpriyatiem]. *Vestnik RGUPS*, 2005, N.1, pp. 81–83.

Координаты авторов (contact information): Болотин М. М. (Bolotin, M. M.) – +7 (495) 684–22–32, Андриянов С. С. (Andriyanov, S. S.) – +7 (495) 681–19–35.

Статья поступила в редакцию / article received 02.04.2014
Принята к публикации / article accepted 24.06.2014





УДК 616.31: [656.2+656.6]
(571.6+571.54/.55)

Зубоврачевание на транспорте: сто лет назад



Владимир ГОНЧАР

Vladimir V. GONCHAR

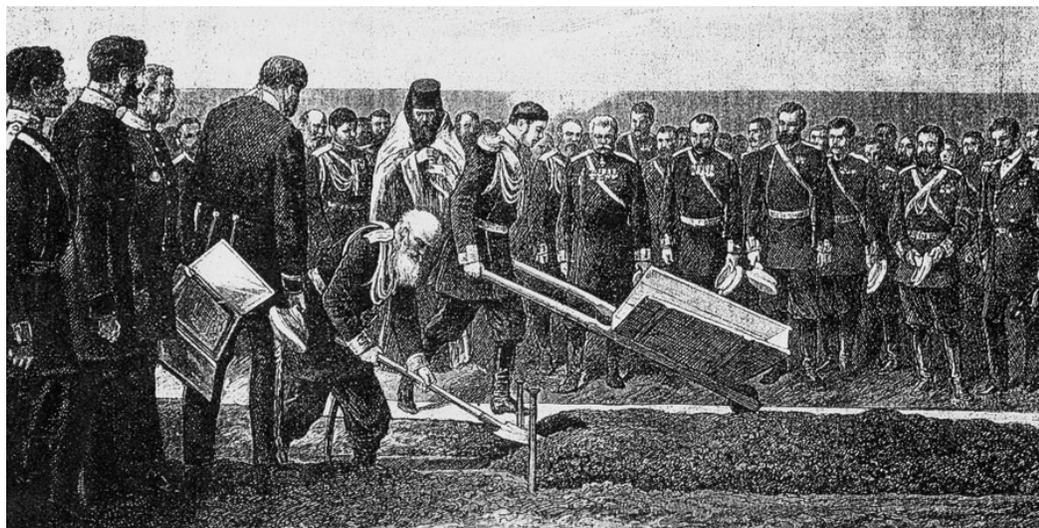
Гончар Владимир Владимирович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры стоматологии Института повышения квалификации специалистов здравоохранения министерства здравоохранения Хабаровского края, Хабаровск, Россия.

Дается оценка ситуации с транспортной медициной на Дальнем Востоке и в Забайкалье в первые десятилетия XX века. Анализируются тенденции в организации здравоохранения, статистические и архивные данные, характеризующие врачебную помощь на железных дорогах и водном транспорте. В первую очередь речь идет о медицинских и социально-экономических проблемах зубоврачебных практик в период становления советской власти в восточных регионах страны (1922–1927 гг.). Опыт тех лет в определенной мере проецируется и на нынешнее время, предлагая свои рецепты «лечения» застойных общественных недугов – например, полезна или вредна населению ведомственная железнодорожная медицина.

Ключевые слова: история медицины, транспортная медицина, зубоврачевание, Дальний Восток, Забайкалье, социальное страхование.

Медицинское обслуживание населения в России к началу XX века осуществлялось в рамках сложной системы, когда лечебные учреждения находились в ведении многочисленных министерств и ведомств, земских и городских самоуправлений, частных, благотворительных и общественных учреждений. В частности, министерству путей сообщения вменялись врачебная помощь и санитарный надзор на железных дорогах в пределах полосы отчуждения, а также санитарный надзор на водных путях [17].

Строительство и эксплуатация железных дорог на Дальнем Востоке, впрочем, стимулировали появление транспортной медицины еще до возникновения территориального здравоохранения. При организации врачебной части в период постройки Уссурийской железной дороги (УссЖД) в 1891 году все ее служащие, чины железнодорожной полиции, рабочие, члены их семейств и прислуга, а также лица, пострадавшие от несчастных случаев в районе работ, пользовались врачебными советами и лечением бесплатно, за счет средств дороги [21]. В 1910 году появилась медицинская служба Амурской железной дороги [16]. В отчете



Закладка конечного участка Великого Сибирского пути – Уссурийской железной дороги на 3-й версте от Владивостока.

старшего врача постройки восточной ее части (1912–1916 гг.) отмечалось, что больные получали «всяческую медицинскую и специально-медицинскую, стационарную, амбулаторную помощь» [2].

I.

Возрастающая социальная значимость организации и оказания доступной зубо-врачебной помощи населению страны не оставалась без внимания сообщества железнодорожных врачей. В повестку дня II и IV Совещательных съездов железнодорожных врачей русских железных дорог, проходивших в 1899 и 1911 годах, ставились актуальные вопросы зубо-врачевания рабочих и служащих подведомственных объектов [15].

Вопросы организации зубо-врачебной помощи железнодорожному населению, служащим и их семьям обсуждались зубо-врачебной общественностью страны на II и III Всероссийских одонтологических съездах в 1899 и 1902 годах [14, 19].

В 1904 году вышел циркуляр министерства внутренних дел, разрешающий зубным врачам по ходатайствам местных начальников занимать сверхштатные государственные должности «где окажется в них действительная надобность» и «где мера сия не потребует никаких со стороны казны издержек» [25]. С этого времени городские, земские и ведомственные медицинские учреждения получили возмож-

ность нанимать зубных врачей, причем их услуги оплачивались за счет местных средств [12].

Первые специалисты зубо-врачебного дела появились в Приамурье в конце XIX – начале XX века, что значительно позже, чем в европейской части России. Это были выпускники центральной России, Украины и даже Польши [10, 12]. В 1911 году в Харбине, имевшем с Дальним Востоком доступные транспортные связи, открылась зубо-врачебная школа, дипломы которой признавались в царской, а затем и Советской России [20]. Таким образом, Дальний Восток получил достаточный стоматологический кадровый потенциал [11].

Насущная потребность в организации зубо-врачебной помощи заставила учредить в 1912 году на строительстве восточной части Амурской железной дороги внештатную, вольнонаемную должность зубного врача. В Хабаровске открыли зубо-врачебный прием для рабочих и служащих, занятых на объектах трассы, а также членов их семей. Этот опыт оказался удачным, поскольку позволял обеспечить квалифицированной и бесплатной для пациента помощью, более того, было начато изготовление зубных протезов по фиксированным расценкам [10].

На основе имеющихся архивных данных установлено, что только в 1913 году на УссЖД появились первые штатные



зубные врачи [6]. Этот факт подтверждал скорее негатив, чем позитив, ибо медицинское обслуживание железнодорожников оставалось недостаточным, и большинство работников по-прежнему вынуждено было лечиться у частнопрактикующих врачей и фельдшеров.

К началу Первой мировой войны во врачебно-санитарных частях железных дорог страны действовали 150 зубных кабинетов, в которых трудились примерно 100 врачей, причем на оказание зубоврачебной помощи ежегодно приходилось до 11% всех зарегистрированных амбулаторных посещений [15].

В 1920-е годы в Советской России проводились глобальные социальные реформы всех сторон жизни людей, где особое место занимало оказание медицинской помощи. Декларировалось, что оказание зубоврачебной помощи является прерогативой государства и обеспечиваются ею в первую очередь трудящиеся. Однако государство не всегда было в состоянии полностью финансировать медицинскую помощь и часть проблемы ложилась на плечи местных органов власти и хозяйствующих субъектов. В связи с этим интерес представляет изучение модели организации зубоврачебной помощи на транспорте Дальнего Востока и Забайкалья, а также экономических, медицинских и социальных проблем, которые ей сопутствовали.

С 1918 года в стране началось строительство «единой» (государственной) медицины, подконтрольной центральной власти. При Народном комиссариате здравоохранения РСФСР был создан отдел путей сообщения с большим подотделом железнодорожного транспорта и небольшим – водного. Это событие можно рассматривать, с одной стороны, как потерю самостоятельности железнодорожного здравоохранения, с другой, напротив, как сохранение ее некоторой автономии, поскольку появились специальные дорожные отделы здравоохранения (дорздравотделы), а железнодорожные больницы и другие медицинские учреждения со своим штатом были сохранены [15].

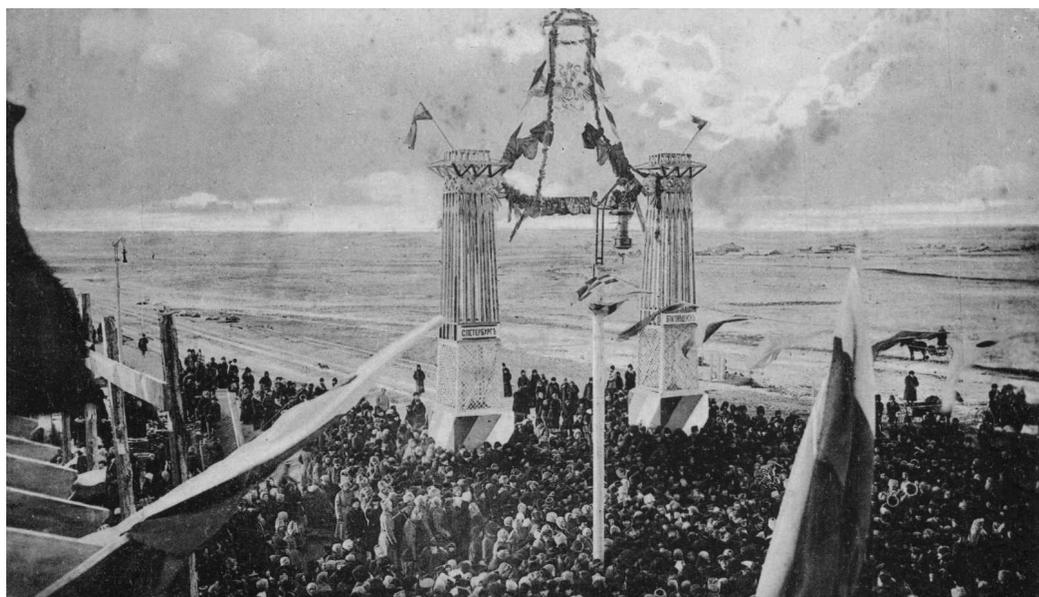
В 1922 году Народный комиссариат путей сообщения (НКПС) стал единственным гражданским ведомством в РСФСР,

добившимся организации своей закрытой системы медицинского обслуживания. Для принятия этого решения было несколько причин. Во-первых, по железным дорогам могли распространяться инфекционные заболевания, и возникла необходимость иметь специальный санитарный надзор на транспорте. Во-вторых, железная дорога нередко проходила по районам, где территориальная сеть лечебных учреждений полностью отсутствовала, поэтому НКПС должен был организовать медицинскую помощь своим работникам. Наконец, как отмечал американский исследователь К. Дэвис, в те годы НКПС возглавлял Ф. Э. Держинский, и его политический вес облегчил принятие принципиального решения о создании автономной сети медицинских учреждений для железнодорожников [26].

Строительство советского здравоохранения на Дальнем Востоке оказалось прерванным Гражданской войной и иностранной интервенцией. Попытки введения единой системы здравоохранения затормозились из-за затянувшихся военных действий, финансово-экономического кризиса, а также слабости местных органов власти.

С ноября 1921 года в регионе начинается новый этап развития ведомственного здравоохранения как самостоятельного направления, однако нехватка средств не позволяла финансировать в полном объеме медицинскую службу железных дорог. И тогда в апреле 1923 года впервые заговорили о социальном страховании, «социальном пакете» для рабочих и служащих за счет средств работодателя. Была одобрена организация страховых касс и избран дорожный комитет социального страхования. До этого больничных касс на железной дороге не числилось: существовали собесы при управлении дорог, реорганизованные из бывших пенсионных комитетов [18]. Социальное страхование на транспорте привлекло значительные дополнительные денежные средства для финансирования социальной, в т. ч. медицинской помощи сотрудникам транспортных сетей Дальнего Востока.

Ликвидация независимой железнодорожной медицины и создание единой советской медицины на Дальнем Востоке



Открытие Амурской железной дороги 6 декабря 1913 года.

вновь началось 4 июня 1923 года, когда во главе железнодорожного здравоохранения стал орган Наркомздрава – дорожный отдел здравоохранения (дорздрав). Ранее аналогичная структура возглавлялась врачебно-санитарной службой, являвшейся частью руководства дороги [24].

Основная деятельность органов власти в области здравоохранения на транспорте в изучаемый период была направлена на подчинение всех сторон ведомственной медицины единому государственному управлению здравоохранением. Между тем, средств на организацию централизованной помощи не хватало. Финансовая база дорожных и водных отделов здравоохранения (дорводздравов) слагалась тоже из скудных средств – краевого бюджета, страховых взносов, средств хозяйственных органов Народного комиссариата путей сообщения на лекарственное и хозяйственное обслуживание. Фактически оказание медицинской помощи, в том числе зубоврачебной, шло за счет лечебного фонда страховых касс и в меньшей степени – средств управления железной дороги.

Таким образом, финансирование лечебно-санитарного дела на дальневосточном транспорте в начале 1920-х годов осуществляли не советские органы управления здравоохранением, у которых отсутствовали необходимые ресурсы, а администрации предприятий, плативших

страховые взносы, и страховые присутствия, которые аккумулировали финансовые средства социального страхования.

Начальники дорог и страховые органы старались сохранить и даже укрепить свою роль и влияние в руководстве лечебным делом, что не устраивало новую власть. Однако она, тогда слабая и неустойчивая, была вынуждена пойти на уступки и согласиться на коллективное управление транспортным здравоохранением. Это привело к созданию советов при здравотделах с участием представителей железных дорог, профсоюзов, страховых организаций, союза транспортников. Советы рассматривали проблемные ситуации и принимали решения, касающиеся принципиальных вопросов организации здравоохранения. Более того, на местах при всех лечебных учреждениях начали действовать административно-хозяйственные совещания, которые помимо хозяйственных и управленческих задач занимались социальным отбором больных.

Считается, что советы при здравотделах, как и административно-хозяйственные совещания при лечебных учреждениях, имели возможность оказывать существенное влияние на организацию медицинской помощи на дороге и обеспечение запросов трудящихся. Они контролировали перечисление здравотделу страховых взносов, будучи заинтересованными в их





правильном и рациональном расходовании, смысл их деятельности отражал классический лозунг того времени: «Здоровье трудящихся есть дело самих трудящихся».

Число служащих Уссурийской железной дороги и подсобных предприятий, застрахованных дорожной страховой кассой (дорстрахкассой), к 1923 году составляло 13031 человек, а с членами семей — 45609 [8]. По сведениям страховой кассы Забайкальской железной дороги (ЗабЖД), количество застрахованных рабочих и служащих достигало 13754 человек, а с членами семей — 55016 [7]. В это же время было отмечено, что почти 70% железнодорожного населения страдает болезнями зубов [8].

Особый интерес представляют сводные данные по медицинскому и социально-бытовому обследованию детей, а также подростков, работающих на УссЖД, проведенному в 1924–1925 годах. Было выявлено, что 40% учащихся имели дефицит массы тела, 19% — увеличенные лимфатические узлы [12]. Из обследованных 645 подростков, работников транспорта, регулярно ухаживали за зубами только 151 (23%), регулярно пользовались баней 180 (28%), меняли регулярно белье лишь 198 (31%) [3]. Таким образом, проблема плохого состояния зубов была частью общей проблемы бедности населения, сложной эпидемиологической обстановки, плохих санитарно-бытовых условий проживания и недостаточного питания.

К моменту установления советской власти на Дальнем Востоке и в Забайкалье зубоврачебная служба ЗабЖД располагала всего тремя кабинетами на станциях Верхнеудинск, Чита-1, Чита-город, что считалось явно недостаточным, поскольку не обслуживался громадный район к востоку от Читы [7].

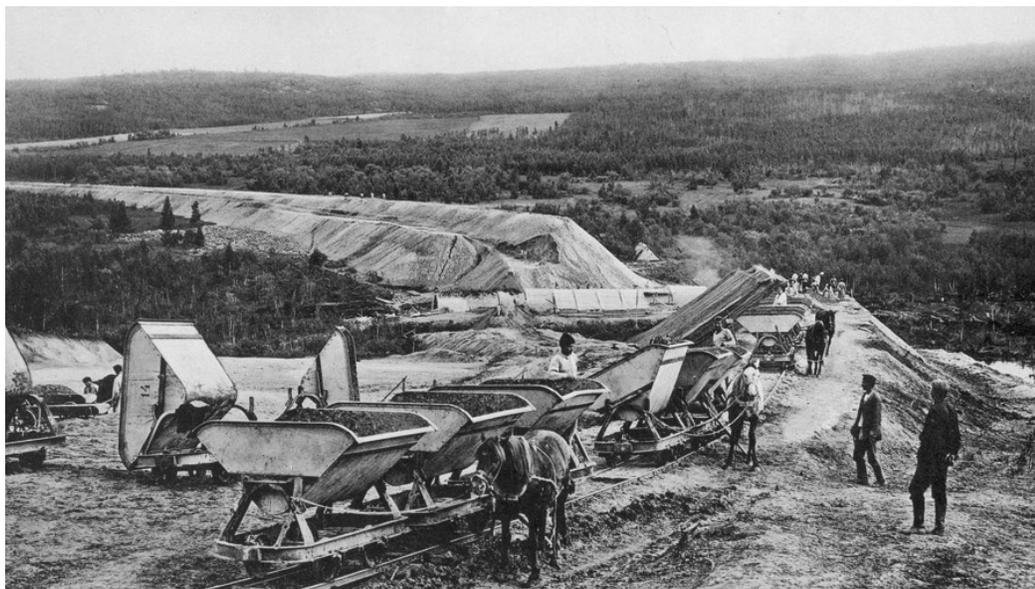
На Уссурийской железной дороге зубоврачебная помощь оказывалась четырьмя стационарными кабинетами и двумя передвижными, оборудованными в железнодорожных вагонах, курсирующих в зоне наиболее населенных пунктов: Первая Речка, Никольск-Уссурийск, Муравьев-Амурский, Хабаровск, Облучье, Бочкарево. Организация такой передвижной модели была начата еще до установления

советской власти. Передвижные кабинеты-вагоны находились в ведении управления дорог. По плану на 1924 год предполагалось оборудовать и пустить еще один подвижной кабинет, но от подобных планов пришлось отказаться в связи с тем, что дорога посчитала невозможным бесплатно предоставлять вагоны под зубо-врачебные услуги [8]. Экономические интересы производства, увы, всегда преобладали над медицинскими.

Зубоврачебная помощь оказывалась по критерию обращаемости. Согласно анализу архивных материалов [4], более половины всех обращений приходилось на детей, подростков и молодежь в возрасте до 20 лет — 57,5%, что можно объяснить высокой распространенностью кариеса в этой возрастной группе, необходимостью предупреждения осложнений и, соответственно, предотвращения потери зубов. На категорию 20–50 лет — 35,5%, что связано с преобладанием осложненных форм кариеса, а также наличием заболеваний парадонта и, значит, большой потребностью в хирургических методах лечения. В возрасте 50 лет и старше — обращений всего 7%, причем главный повод — адентии.

В объем помощи для железнодорожников входило лечение и пломбирование зубов, однако четких норм обслуживания установлено не было. Зубопротезирование на первых порах отсутствовало из-за нехватки средств, тем не менее, учитывая острую необходимость в такой помощи и принимая во внимание материальную необеспеченность трудящихся дороги, были предприняты шаги по предоставлению им зуботехнических услуг за счет субсидий от предприятия, а также регламентированной выдачи пособий для зубопротезирования [9]. Чтобы получить протезы, транспортникам требовалось освидетельствование врачебно-контрольной комиссии (ВКК) на наличие функциональных показаний, а затем вопрос решался на совете дорздрави, причем в первую очередь «зубы» выдавались рабочим тяжелого физического труда, во вторую — служащим, а уж затем и членам семей [7].

В компетенцию советов дорожного и водного здравоохранения (дорводздра-



Сооружение насыпи с использованием вагонеток на строительстве Амурской железной дороги.

вов) входило принятие решения о компенсации рабочим финансовых средств за зубопротезирование, которое проведено вне учреждений системы транспорта, а также у частнопрактикующих врачей, однако не всегда решение оказывалось в пользу работника, отказ в компенсации лечения мог быть обусловлен неблагоприятным прогнозом заболевания [5].

II.

В 1923 году зубными врачами УссЖД было принято 8842 первичных больных, из которых 3676 являлись служащими дороги, 5166 — членами семейств. Всего зарегистрировано 32686 посещений, закончено лечение 7838 зубов. В качестве пломбировочных материалов были использованы фосфатный и силикатный цемент, амальгама. Удалено 4167 зубов и проведено 326 мелких операций. Процедуры по снятию зубных отложений были проведены у 1013 человек [6]. По сути, больше половины исходов лечения заканчивалось потерей зуба, что было связано, с одной стороны, с несовершенством методик лечения и запущенным состоянием зубов (более половины удаленных зубов были полностью разрушены и зачастую отмечались врачами как «*radix*» (корень). С другой — неудовлетворительным снабжением лекарствами и материалами, зачастую менее 50% от реальной потребности [7].

Уже к 1926 году значительно возрос потенциал зубопротезной службы Забайкалья и Дальнего Востока. Забайкальский дорздрав организовал работу 12 кабинетов на станциях: Верхнеудинск, Хилок, Чита, Шилка, Могоча, Ерофей Павлович, Сковородино, Оловянная [22]. Уссурийский дорздрав располагал 9 кабинетами (14 кресел) на крупных железнодорожных станциях. Увеличился штат врачей (с 11 в 1925 г. до 14 в 1926 г.), возросло количество посещений — до 55,2 тыс., из них первичных — 15,3 тыс., санированы — 11331 человек. Разработана выездная система оказания зубопротезной помощи на отдаленных участках для того, чтобы транспортники не отрывались от своей повседневной профессиональной деятельности на поездки в крупные центры.

Несмотря на высокие количественные показатели обратившихся за зубопротезной помощью, их удельный вес составлял лишь 6% от всех амбулаторных посещений, и касалась эта помощь не более 10% общего числа населения дороги [4].

Профильная помощь оказывалась в зубопротезной мастерской дорздрова в Хабаровске и по договорам в аналогичных пунктах Владивостокского окрздрова и с частным техником в Уссурийск-Никольске. В ведомственной мастерской приморского центра в 1926 году было изготовлено 467 протезов [3].





К 1927 году зубоврачебная служба транспорта РСФСР значительно окрепла и расширилась. В штате железных дорог работало 659 зубных врачей, что составляло 19% от всех их коллег в республике. В отраслевую систему специалистов привлекали регулярной заработной платой и дополнительными социальными гарантиями. Функционировало 666 зубоврачебных амбулаторий и кабинетов, причем обеспеченность креслами составляла 0,14 на 1000 человек железнодорожного населения, что было значительно выше общереспубликанских значений (0,03 на 1000). Зарегистрированное тогда количество посещений работниками транспорта своих специализированных лечебных учреждений этого профиля было на уровне 3300 тыс., и это составляло порядка 23% всех обращений за оказанием квалифицированной зубоврачебной помощи в РСФСР [23].

Отделы здравоохранения железнодорожного и водного транспорта Дальневосточного края располагали 38 зубоврачебными кабинетами, в которых числилось по одному врачу [13], обеспеченность зубоврачебными креслами закрепленного населения была 0,18 на 1000 человек на ЗабЖД и 1,19 – на УссЖД, то есть выше общероссийских показателей.

Однако обеспечить доступной и качественной помощью всех транспортников и членов их семей действовавшая система оказалась не в состоянии [1]. Многочисленные жалобы и замечания на работу дорводздоров обсуждались на советах при отделах здравоохранения. Представители транспортных организаций отмечали, что «массы стали требовательнее» и недовольны качеством оказываемых диагностических и лечебных мероприятий, а также призывают органы здравоохранения устранить все замечания и улучшить качество медицинской помощи [18].

ВЫВОДЫ

К организации медицинской помощи работникам транспорта советская власть в начале 1920-х годов относилась с полной серьезностью и обстоятельностью. Это было связано, с одной стороны, со стратегическим значением транспорта, обеспечением его бесперебойной работы, повышением произ-

водительности труда, снижением заболеваемости и потерь рабочего времени по причине временной нетрудоспособности трудящихся, а с другой, с предоставлением привилегий и преференций для рабочих в обмен на их лояльность к новой власти.

На транспорте предпринимались попытки осуществить основные принципы советской медицины: отсутствие прямых платежей для больного, общедоступность и квалифицированность. Это в целом было обеспечено за счет однородности состава транспортного населения, социального страхования, однако вопросы финансирования зубопротезирования оставались нерешенными.

Недостаток зубоврачебной и зубопротезной помощи в государственной сети лечебных учреждений восполнялся услугами врачей частной практики, которые получили право законно работать в связи с введением в 1922 году новой экономической политики (НЭП). Услугами частных врачей пользовались как органы здравоохранения, привлекая врачей на договорных началах к медицинскому обслуживанию населения, так и та часть населения, которая была лишена возможности получить помощь территориальной или ведомственной медицины.

Общий дефицит финансирования государственного здравоохранения при запрете на привлечение финансовых средств от населения, а также значительное увеличение потребности в зубоврачебной помощи заставили органы здравоохранения более прагматично подходить к выбору средств и методов лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абакумов. Как у нас лечат // Рельсы здоровья. – 1927. – № 14. – С. 4.
2. Блом А. И. Врачебно-санитарный отчет по постройке Восточной части Амурской железной дороги за 1912 г. – Хабаровск: Электротипография М. И. Беляева, 1913. – 102 с.
3. Государственный архив Хабаровского края (ГАХК). Ф.683. Оп.1. Д.8. Л. 6.
4. ГАХК. Ф.939. Оп.1. Д.24. Л. 14–15.
5. ГАХК. Ф.939. Оп.1. Д.29а. Л. 1,5,53.
6. ГАХК. Ф.939. Оп.1. Д.3. Л. 3,36.
7. ГАХК. Ф.939. Оп.1. Д.4. Л. 1,60–61.
8. ГАХК. Ф.939. Оп.1. Д.5. Л. 1,7.
9. ГАХК. Ф.939. Оп.1. Д.6. Л. 10,65,73.
10. Гончар В. В., Ратманов П. Э. Зубоврачебная помощь населению Приамурья в конце XIX – начале XX вв. // Вестник общественного здоровья и здравоохранения Дальнего Востока России. – 2013. – № 1.
11. Гончар В. В., Ратманов П. Э. Особенности оказания зубоврачебной помощи жителям Приморья

в период становления Советской власти (1922–1926 гг.) // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2014. – № 3. – С. 16–19.

12. Гончар В. В., Ратманов П. Э. Социальная история зубврачебной помощи на юге российского Дальнего Востока в дореволюционный период // Журнал исследований социальной политики. – 2014. – Т. 12. – № 1. – С. 61–76.

13. Дальневосточный край в цифрах / Ред. Р. Шишлянников, А. Рязенцев, Г. Мевзос. – Хабаровск: Книжное дело, 1929. – 281 с.

14. Дауге П. Г. Социальные основы советской стоматологии. – М.: Государственное медицинское издательство, 1933. – 388 с.

15. Железнодорожная медицина: Энциклопедия / Под ред. О. Ю. Атькова, А. З. Цфасмана. – М.: Медицина, 2007. – 1040 с.

16. Здравоохранение на Дальневосточной железной дороге. Историческая справка // Справочник научно-практических работ / Под ред. М. А. Белова. – Хабаровск, 1953. – С. 5–14.

17. История здравоохранения дореволюционной России (конец XVI – начало XX в.) / М. В. Поддубный [и др.]. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 248 с.

18. Кузнецов. Четыре года // Рельсы здоровья. – 1927. – № 14.

19. Отчет III Всероссийского Одонтологического съезда в г. Одессе 22–27 июля 1902 года // Зубоврачебный вестник. – 1902. – № 8.

20. Ратманов П. Э. Из истории русского зубо-врачебного образования в Харбине в первой половине XX века // Российский стоматологический журнал. – 2008. – № 3. – С. 65–67.

21. Солохина Л. В. Научно-организационное обоснование основных направлений охраны здоровья работников Дальневосточной железной дороги в период социально-экономических реформ. – Хабаровск: Изд-во А.Ю. Хворова, 2004.

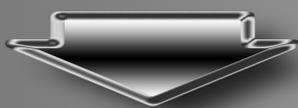
22. Статистический ежегодник 1923–1925 гг. Часть I. – Хабаровск: Дальневосточное краевое статистическое управление, 1926.

23. Статистический обзор состояния здравоохранения и заболеваемость заразными болезнями в РСФСР в 1927 г. – Москва-Ленинград, 1931.

24. Уж. Здравоохранение на Уссурийской железной дороге // Путь. – 1923. – № 164. – С. 4.

25. Фрейберг Н. Г. Врачебно-санитарное законодательство в России. Узаконения и распоряжения по гражданской, санитарной и фармацевтической частям, опубликованные по 1 января 1913 г. – СПб., 1913.

26. Davis C. Economic Problems of the Soviet Health Service: 1917–1930 / C. Davis // Soviet Studies. – 1983. – Vol. 35. – № 3. – P. 343–361. ●



ВМЕСТО РЕЗЮМЕ

Попытка сбора и анализа сведений о становлении и развитии транспортной медицины заслуживает внимания ввиду малой изученности этого раздела истории медицины. Вопрос очень важный, нужный и интересный.

Вместе с тем название статьи вызывает ряд вопросов: почему речь идет о зубо-врачевании на транспорте? Водный транспорт упоминается лишь в общем контексте, в то время как железнодорожный транспорт в материале явно превалирует. Насколько корректно понятие «транспортная медицина»? Известно, что слово «транспорт» вошло в терминологию позднее, чем в рассматриваемый период.

Представляется необходимым более четко представить социально-экономический и организационный аспекты, показатели заболеваемости, а также результаты лечения. Статистические данные, основанные на большом архивном материале, целесообразно тематически систематизировать, что повысит степень обобщения сделанных выводов.

Само по себе широкое привлечение архивных данных заслуживает всяческого

одобрения, но их содержание позволяет выйти за пределы статистических выкладок, не ограничиваться сведениями по железным дорогам. Как, например, лечили зубы на морских судах? Были ли там специалисты? Любопытен и аспект образования. Кто были эти зубные врачи? Откуда они появлялись? Кто их готовил? Интереснейшим видится момент появления штатных должностей стоматологов, создание специализированных и тем более передвижных кабинетов (в вагонах). Как координировалась с ними зубо-врачебная помощь на территориях? Хорошо было бы сравнить и показать особенности «транспортной медицины». Если в последующих исследованиях подобные аспекты будут отражены, это, несомненно, увеличит их научно-практическую значимость в условиях, когда наблюдается риск разрушения отраслевых систем медицинского обеспечения.

Константин ПАШКОВ,
заведующий кафедрой истории
медицины Московского
государственного медико-
стоматологического университета





TRANSPORT DENTISTRY: A HUNDRED YEARS AGO

Gonchar, Vladimir V. – Ph.D. (Medicine), associate professor at the department of Dentistry of the Institute for Advanced Training of health professionals of Ministry of Health of Khabarovsk region, Khabarovsk, Russia.

ABSTRACT

The author assesses the situation with transport medicine in the Far East region in the early decades of the twentieth century. The article provides an analysis of trends in the organization of health care, statistics and historical data describing medical assistance on the railways and water transport. First of all the author refers to health and socio-economic problems of dental practices in the period of the Soviet regime in the eastern regions of the country (1922–1927). The experience of those years to a certain extent is projected onto the present time, offering own formulas for «treatment» of stagnant social ailments, e. g. whether departmental railway medicine is useful or harmful to the population.

ENGLISH SUMMARY

Background. Medical care for the population in Russia at the beginning of the XX century was carried out in the framework of a complex system, when medical treatment facilities were run by multiple ministries and agencies, rural and urban municipalities, private, charitable and public institutions. In particular, the Ministry of Railways was charged with medical care and sanitary supervision of the railways within the right of way, as well as sanitary supervision on waterways [17].

Construction and operation of railways in the Far East, however, stimulated the appearance of transport medicine even before the emergence of territorial health service. At the organization of the medical unit during the period of construction of the Ussuri Railway (hereinafter-UssZhD) in 1891, all of its employees, all ranks of railway police, workers, members of their families and servants, as well as those affected by accidents in the construction area, used medical advice and treatment free of charge at the expense of the road. [21] In 1910 appeared the medical service of the Amur railway. [16] The report of a senior doctor of a building of its eastern part (1912–1916) stated that all patients receive «all possible medical and specialized medical, hospital, ambulatory care» [2].

Objective. The objective of the author is to investigate different aspects of dentistry organization in the early period of the Soviet regime in the Far East region.

Methods. The author uses historical method, analysis and description.

Results.

I.

Doctors of the railway community paid attention to the growing importance of social organization and delivery of affordable dental care to the population of the country. The agenda of the II and IV Consultative Congresses of railway physicians of Russian Railways, which took place in 1899 and 1911, staged topical issues on dentistry of workers and employees of subordinate objects [15].

Issues of organization of dental care of railway population, employees and their families were discussed by the dental community of the country at the II and III All-Russian dental congresses in 1899 and 1902. [14; 19].

In 1904 appeared a circular letter of Ministry of Internal Affairs, allowing dentists on requests of local chiefs to take supernumerary public office «where they would really be required» and «where this measure would not require any treasury costs» [25]. Since that time, urban, rural and departmental medical treatment facilities were able to hire dentists, and their services were paid for by local funds [12].

The first specialists in the field of dentistry appeared

in the Amur region in the late XIX – early XX centuries, significantly later than in the European part of Russia. They were graduates of dental schools of Central Russia, Ukraine and even Poland [10; 12]. In 1911, in Harbin, which was connected with the Far East by accessible transport links a dental school was opened, the diplomas of which were recognized in the Tsarist and then Soviet Russia [20]. Thus, the Russian Far East had sufficient human resources of specialists in dentistry [11].

An urgent need for organization of dental care forced to establish in 1912 on the construction of the eastern part of the Amur railway a non-staff, freelance position of a dentist. In Khabarovsk began a dental appointment for workers and employees engaged in the construction, as well as their families. This experience proved to be the best, because it enabled to provide a qualified and free of charge medical care to the patient, moreover, the production of dentures at a fixed price was organized [10].

On the basis of historical data it was found that in 1913 on Ussuriyskaya railway appeared the first staff dentists [6]. This fact confirms a negative rather than a positive aspect, since medical treatment of railway workers remained inadequate, and most workers were still forced to be treated by private doctors and paramedics.

By the beginning of World War I in the medical-sanitary parts of the country's railways operated 150 dental offices, where worked about 100 dentists, and provision of dental care amounted to 11% of all ambulatory visits [15].

In the 1920s in Soviet Russia global social reforms of all aspects of people's life were carried out, where delivery of medical care occupied a special place. It was declared that delivery of dental care was the responsibility of government and in the first place workers were provided with it. However, the state had not always been able to fully finance medical care and part of the problem lay on the shoulders of local authorities and economic entities. In this regard study of the model of the organization of dental care in the transport of the Far East and Trans-Baikal, as well as economic, health and social problems that accompanied it is of interest.

Since 1918, the country began to construct a «uniform» (state) medicine, controlled by the central government. Within People's Commissariat of Health of the Russian soviet socialist federative republic (RSFSR) was created Department of Railways with a large subdivision of rail transport and small – water. This event can be considered, on the one hand, as the loss of independence of railway health service, on the other, on the contrary, as the preservation of some of its autonomy, as there were special road health departments and railway hospitals and other medical treatment facilities with their staff were retained [15].

In 1922 People's Commissariat of Railways (hereinafter – People's Commissariat) was the only civil office in Russia, which managed to organize its own closed system of health care. There were a couple of reasons of it. Firstly, infectious diseases could spread on the railways, so it was necessary to create a special sanitary inspection on transport. Secondly, the railway often passed through areas where territorial network of medical institutions was completely absent, so the People's Commissariat had to organize medical care for their employees. Finally, as noted by the American researcher K. Davis, in those years, the head of the People's Commissariat was F. E. Dzerzhinsky, and his political weight facilitated the adoption of a policy

decision on the establishment of an autonomous network of medical treatment facilities for railway workers [26].

Construction of the Soviet public health care system in the Far East was cut by civil war and foreign intervention. Attempts to introduce universal health care system stalled due to protracted warfare, economic and financial crisis, as well as weakness of local authorities.

Since November 1921, in the region began a new stage in the development of departmental health care as an independent direction, but lack of funds did not allow fully financing the medical service of railways. And then in April 1923 for the first time began talks about social insurance, «social package» for workers and employees using the funds of an employer. The organization of insurance offices was approved and road committee of social security was elected. Prior to this, health insurance companies on the railroad were not listed: a social security existed within Administration of roads, reorganized from the former pension committees [18]. Social insurance on transport attracted significant additional funds to finance social, including medical care for staff of transport networks of the Far East.

Elimination of independent railway medicine and creation of a unified Soviet medicine in the Far East once again began on the 4th of June, 1923, when the head of railway health care became Road Department of Health (Dorzdrav) – an agency within People's Commissariat of Health. Previously, road medical service was headed by medical-sanitary service that was a part of the management of the road [24].

The main activities of authorities in the field of health care in transport during the study period were aimed at the abidance of all parties of departmental medicine by uniform state health care management. Meanwhile, health authorities lacked funds for organization of health care. The financial base of rail and water health departments also comprised of scarce resources – the regional budget, insurance contributions and funds of economic organs of the People's Commissariat of Railways (People's Commissariat) for medicinal and economic services. In fact, delivery of medical care, including dental, was carried out at the expense of medical fund of insurance offices and to a lesser extent – funds of railway administration.

Thus, financing of medical and health affairs in the Far East transport in the early 1920's was carried out not by Soviet health authorities, which lacked the necessary resources, but by administration of enterprises, which paid premiums, and insurance offices, which accumulated funds of social security.

Chiefs of railways and insurance authorities tried to maintain and even strengthen their role and influence in the management of medical affairs that did not suit the new government. However, because of its weakness and instability, the Soviet government was forced to make concessions and agree to the collective management of transport health care. This led to the creation of councils by health departments with participation of representational bodies of the management of roads, unions, insurance companies, union of transport workers. These councils considered and made decisions on fundamental issues of health care organization. Moreover, at the local level at all medical treatment facilities administrative meetings were organized that in addition to economic issues addressed issues of management of the agency, social selection of patients.

It is believed that councils by health departments as well as general and administrative meetings at hospitals had the opportunity to have a significant impact on the organization of medical care on the road and ensuring workers' requests. They controlled transferring premiums to a health department, being interested in their correct and

rational use, the meaning of their activities is reflected in the classic slogan of the time: «Health of workers is a matter of the workers themselves».

Number of employees on the Ussuri Railway and subsidiary companies, insured by Road Insurance Fund by 1923 was 13031 people, and with their families – 45609 [8]. According to the Insurance Office of Trans-Baikal Railway (hereinafter-ZabZhd), the number of insured workers and employees reached 13754 people, and with their families – 55016 [7]. At the same time it was noted that almost 70% of the railway population suffered from dental diseases [8].

Of particular interest is a summary of the health and welfare survey of children and adolescents working on UssZhd conducted in 1924–1925. It was found that 40% of learners had underweight, 19% – enlarged lymph nodes [12]. Of the surveyed 645 adolescents- transport workers only 151 (23%) people regularly cared for teeth, 180 (28%) people regularly used bath, only 198 (31%) people changed linen regularly. [3]. Thus, the problem of poor dental health was a part of a general problem of poverty, a complex epidemiological situation, bad sanitary living conditions and malnutrition.

By the time of the establishment of Soviet power in the Far East and Trans-Baikal dental office of Trans-Baikal railway (ZabZhd) had only three rooms at stations Verkhneudinsk, Chita-1, Chita city, which was considered manifestly inadequate because a vast area east of Chita was not serviced [7].

On the Ussuri Railway dental care was provided by four fixed and two mobile dental rooms mounted on rail cars plying in the area of the most populated areas: Pervaya Rechka, Nikolsk- Ussurisk, Muravyev-Amursky, Khabarovsk, Obluch'e, Bochkarevo. Organization of a mobile model of dental care was initiated even before the establishment of the Soviet power. It should be noted that the mobile dental rooms- cars were in charge of administration of roads and were dental rooms, equipped with all modern rules of the art that served the entire rail line. According to the plan for 1924 it was supposed to equip and launch another mobile dental room, but such plans were abandoned due to the fact that the road had found it impossible to provide cars for dental care free of charge [8]. Economic interests of production, alas, always prevailed over health.

Dental care was provided by the criterion of recurrence. According to the analysis of archival materials [4], more than half of all visits were for children and adolescents aged 0 to 20 years – 57,5%, which can be explained by a high prevalence of dental caries in this age group and the need for treatment to prevent complications of caries and thus prevent the loss of teeth. In the age group 20–50 years – 35,5%, which is explained by the prevalence of complicated forms of caries and periodontal disease manifestations in this age and, as a consequence, the high demand for surgical treatments. At the age of 50 years and older – only 7%, that can be attributed to the predominance of edentulous in this age. Dentistry for railway workers included treatment and filling of teeth, but clear standards of care had not been established. Denture treatment at first was absent due to lack of funds, however, taking into account the urgent need for such assistance, and taking into account the financial insecurity of railway workers, transport managers had taken steps to provide them with dental services by grants from the enterprise, as well as prescribed grant of benefits for dentures. [9] To get dentures, transport workers had to be examined by medical control commission (MCC) for the presence of functional indications, and then the question was decided at the council of dorzdrav, in the first place «teeth» were given to worker of hard physical labor, in the second – to





employees, and only then, and to members of families [7].

The Councils of Road and Water Health care had to make decisions about workers' compensation of costs for denture treatment, which was carried out beyond transport medical treatment facilities, as well as from private practitioners, but not always the decision was made in favor of the employee, the denial of compensation for treatment could occur due to poor prognosis of the disease [5].

II.

In 1923, dentists of UssZhd performed 8842 initial consultation, of which 3676 were employees of the railway, 5166 – members of the families. 32686 visits were registered, treatment of 7838 teeth were completed. As filling materials were used phosphate and silicate cement, amalgam. 4167 teeth were removed and 326 small surgeries were executed. Procedures for removal of dental plaque were conducted for 1013 people. [6]. In fact, more than half of treatment outcomes resulted in loss of a tooth, which was due to, on the one hand, the imperfection of methods of treatment and poor state of teeth (more than half of the extracted teeth were completely destroyed and there were registered by dentists as «radix» (root). On the other – inadequate supply of medicines and materials, often less than 50% of the real needs [7].

Already by 1926 greatly increased the potential of dental services of Trans-Baikal and the Far Eastern regions. Trans-Baikal dorzdrav organized work of 12 dental rooms at the stations: Verkhneudinsk, Khillock, Chita, Shilka, Mogocha, Erofei Pavlovich, Skovorodino, Olovyannaya [22]. Ussuri dorzdrav had 9 dental rooms (14 seats) at major train stations. Medical staff increased (from 11 people in 1925 to 14 people in 1926), the number of visits grew – to 55, 2 thousand, of which initial – 15,3 thousand., sanitized – 11331 people. On-site system of delivery of dental care to remote areas was developed giving transport workers an opportunity not to tear away from their daily professional activities to make a trip to major centers.

Despite the high quantitative indicators of people applied for dental care, this type of aid was only 6% of all ambulatory visits, covering no more than 10% of the total population of the railway. [4]

Specialized aid was provided in dentoprosthetic workshop of dorzdrav in Khabarovsk and under contracts in similar areas of Vladivostok okrzdav and private technician in Ussurijsk- Nikolsk. In the departmental workshop of a seaside center in 1926 467 dentures were made.

By 1927, the transport dental service of the RSFSR had been considerably strengthened and expanded. The staff of railways included 659 dentists, representing 19% of all dentists of the republic. Service on the railway

attracted doctors with regular salary and additional social guarantees. In rail transport, operated 666 dental clinics and offices, and the provision of dental chairs was 0, 14 per 1000 population of railways, which was significantly higher than republican values (0,03 per 1000 people.). The total number of visits by transport worker was 3300, representing about 23% of all requests for delivery of qualified dental care in the RSFSR [23]. The health department of rail and water transport of the Far Eastern Territory had 38 dental offices in which there were 38 dentists [13], the availability of dental chairs for fixed population was 0, 18 per 1000 people on Trans-Baikal railway and 1, 19 per 1000 people on Ussury railway which was higher than nationwide figures.

However, it was not able to provide affordable and qualitative medical care for all transport workers and their families [1]. Numerous complaints and comments on the work of dorvozdravs were discussed by the councils at health departments. Representatives of transport organizations noted that «the masses have become more demanding» and were dissatisfied with the quality of rendered diagnostic and therapeutic measures, and asked the health authorities to remove all comments and improve the quality of medical care [18].

Conclusions. The Soviet regime in the early 1920s, treated the organization of health care of transport workers with all seriousness and thoroughness. This was due to, on the one hand, the strategic importance of transport, ensuring its smooth operation, improvement of productivity, reduction of morbidity rate and loss of working time due to temporary incapacity for work, and on the other hand, the provision of privileges and preferences for workers in exchange for their loyalty to the new government.

In transport sector, attempts were made to carry out the basic principles of Soviet medicine: the lack of direct payments for patients, accessibility and qualification. This was generally achieved through uniformity of railway population, social insurance, but issues on financing of denture treatment remained unsolved.

Lack of dental and denture care in public network of medical treatment facilities replenished with services of private practitioners who were given a right to work legally due to the introduction in 1922 of New Economic Policy (NEP). Services of private physicians were used by health authorities, involving doctors on a contractual basis to medical care of the population, and that part of the population that was deprived of the opportunity to enjoy benefits of territorial or departmental medicine.

The total deficit of financing of public health at the ban on fundraising from the public, as well as a significant increase in demand for dental care, forced health authorities to apply a more pragmatic approach to the choice of means and methods of treatment.

Keywords: history of medicine, transport medicine, dentistry, the Far East, railways, social insurance.

REFERENCES

1. Abakumov. How people are treated in our country [*Kak u nas lechat*]. *Rel'sy zdorov'ja*, 1927, N.14, p. 4
2. Blum, A. I. Medical and sanitary report on the construction of the eastern part of the Amur railway in 1912 [*Vrachebno-sanitarnyj otchet po postrojke Vostochnoj chasti Amurskoj zheleznoj dorogi za 1912 g.*]. Khabarovsk, Elektrotipografija M. I. Beljaeva, 1913, 102 p.
3. State Archives of Khabarovsk Krai (Khabarovsk region). Fund (F) 683. Op. (Register) 1. D. (File) 8. L. (list) 6.
4. State Archives of Khabarovsk Krai. F. 939. Op.1 D. 24 L. 14–15.
5. State Archives of Khabarovsk Krai. F. 939. Op.1. D. 29a. L. 1, 5, 53.
6. State Archives of Khabarovsk Krai. F. 939. Op.1. D.3. L. 3, 36.
7. State Archives of Khabarovsk Krai. F. 939. Op.1. D.4. L. 1, 60–61.
8. State Archives of Khabarovsk Krai. F. 939. Op.1. D. 5. L.1, 7.
9. State Archives of Khabarovsk Krai. F. 939. Op. 1. D. 6. L. 10, 65, 73.
10. Gonchar, V. V. Ratmanov, P. E. Dental care to the population of the Amur Region in the late XIX – early XX centuries [*Zubovrachebnaja pomoshch' naseleniju Priamur'ja v konce XIX – nachale XX vv.*]. *Vestnik obshchestvennogo zdorov'ja i zdravoohranenija Dal'nego Vostoka Rossii*, 2013, N.1.
11. Gonchar, V.V., Ratmanov, P. E. Features of providing dental care to residents of Primorye region in the period of Soviet power (1922–1926 years) [*Osobennosti*

okazaniya zubovrachebnoj pomoshhi zhiteljam Primor'ja v period stanovlenija Sovetskoj vlasti (1922–1926 gg.). *Tihookeanskij medicinskij zhurnal*, 2014, N.3, pp. 16–19.

12. Gonchar, V.V., Ratmanov, P. E. Social history of dental care in the south of the Russian Far East in the pre-revolutionary period [Social'naja istorija zubovrachebnoj pomoshhi na juge rossijskogo Dal'nego Vostoka v dorevoljucionnyj period] *Zhurnal issledovanij social'noj politiki*, 2014, Iss. 1, V. 12., p. 61–76.

13. Far East Region in figures [Dal'nevostochnyj kraj v cifrah] ed. by Shishliannikov, R., Ryazentsev, A., Mevzos, G. Khabarovsk, Knizhnoe delo publ., 1929, 281 p.

14. Dauge, P. G. Social foundations of Soviet dentistry [Social'nye osnovy sovetskoj stomatologii]. Moscow, Gosudarstvennoe medicinskoe izdatel'stvo, 1933, 388 p.

15. Railway medicine. Encyclopedia [Zheleznodorozhnaja medicina. Jenciklopedija]. Ed. Atkov, O. Yu., Tsfasman, A. Z. Moscow, Medicina publ., 2007, 1040 p.

16. Health care on the Far Eastern Railway. Historical information. Directory of scientific and practical work, ed. by Belov, M.A. [Zdravoohranenie na Dal'nevostochnoj zheleznoj doroge. Istoricheskaja spravka]. Khabarovsk, 1953.

17. Poddubnyj, M. V. et al. History of health care of pre-revolutionary Russia (end of XVI – early XX century) [Istorija zdravoohranenija dorevoljucionnoj Rossii (konec XVI – nachalo XX v.)]. Moscow, GEOTAR Media publ., 2014, 248 p.

18. Kuznetsov. Four years [Chetyre goda]. *Rel'sy zdorov'ja*, 1927, N.14.

19. Report of 3d All-Russian Congress of Odontology in Odessa on 22–27 July 1902 [Otchet III Vserossijskogo

Odontologicheskogo s'ezda v g. Odesse 22–27 ijulja 1902 goda]. *Zubovrachebnyj vestnik*, 1902, N.8.

20. Ratmanov, P. E. From the history of Russian dental education in Harbin in the first half of the XX century [Iz istorii russkogo zubovrachebnogo obrazovanija v Harbine v pervoj polovine XX veka]. *Rossijskij stomatologicheskij zhurnal*, 2008, N. 3, pp. 65–67.

21. Solokhina, L. V. Scientific and organizational support of the main directions of the health care of workers of the Far Eastern Railway in the period of social and economic reforms [Nauchno-organizacionnoe obosnovanie osnovnyh napravlenij ohrany zdorov'ja rabotnikov Dal'nevostochnoj zheleznoj dorogi v period social'no-jekonomicheskij reform]. Khabarovsk, Izd-vo Khvorova A. Yu., 2004.

22. Statistical Yearbook 1923–1925. Part I. Khabarovsk, Far East regional statistical office, 1926.

23. Statistical overview of the state of health and the incidence of infectious diseases in the USSR in 1927. Moscow-Leningrad, 1931.

24. Uzh. Health care on the Ussuri Railway [Zdravoohranenie na Ussurijskoj zheleznoj doroge]. *Put'*, 1923, N.164, p. 4.

25. Freyberg, N. G. Medical and health legislation in Russia. Legalization and regulations on civil, sanitary and pharmaceutical parts, published on January 1, 1913 [Vrachebno-sanitarnoe zakonodatel'stvo v Rossii. Uzakonenija i rasporyazhenija po grazhdanskoj, sanitarnoj i farmaceuticheskim chastjam, opublikovannye po 1 janvarja 1913 g.]. St. Petersburg, 1913.

26. Davis, C. Economic Problems of the Soviet Health Service: 1917–1930. *Soviet Studies*, 1983, Vol. 35., Iss.3, pp. 343–361.

Координаты автора (contact information): Гончар В. В. (Gonchar, V. V.) – goncharvv@mail.ru.

Статья поступила в редакцию / article received 21.02.2014

Принята к публикации / article accepted 22.07.2014



INSTEAD OF RESUME

An attempt to collect and analyze the data on origins and evolution of transport health care merits very close attention because of low level of knowledge in the chapter of the medical history. The topic is of importance, necessity and interest.

Nevertheless the title of the article can cause some questions, why does it concern transport dentistry? It is sure that river transport is considered in general context but rail transport prevails. Whether the term transport medicine is correct referring to the article? It is well known that the word transport came into the glossaries later than the considered period.

It seems necessary to more clearly divide social, economic, organization aspects, sickness rates and treatment results. Statistical data based on voluminous archive materials merits more systematization that should increase generalization and value of the text.

The fact of wide consideration of archive data should be well estimated but the rich contents there-of should have permitted to use other information besides statistical one, to go beyond railways. How were dental services organized at the ships? How was the training process of dentists organized? Who were those doctors? It is of great interest to know when dentists became staff members, when first railway stomatology cabinets were organized, when first mobile (in rail cars) stomatology's cabinets appeared.

If forthcoming researches will consider those aspects than they will have scientific and practical importance especially under the current conditions when there is a risk of destroying of specific systems of health care in some economic sectors.

Constantine PASHKOV,
head of the department of the history of
medicine of Moscow state medical
stomatological university





ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ВОПРОС СРЕДНЕЙ И МАЛОЙ АЗИИ

В настоящее время, когда все интересуются этим вопросом, будет нелишним припомнить его начало или, говоря точнее, его начальную литературу. Мы воспользуемся для этого известным сочинением Ф. Хохштеттера об Азии, вышедшим в 1876 году, цитируя из него следующие соображения.

«Сибирско-среднеазиатская линия по русской Джунгарии к главному городу Туркестана кажется мне имеющею несравненно большее значение, чем какая-либо другая из всех доселе проектированных среднеазиатских линий. Если мы себе представим, что построена дорога от Семипалатинска к Ташкенту и далее на Самарканд, и что также приведен в исполнение проект кавказско-персидской железной дороги к Тегерану и оттуда либо через Мешхед, Маймене и Балх, либо через Мешхед, Мерв, Бухару также к Самарканду и Ташкенту (в сущности, продолжение линии Потти—Баку от Красноводска на Каспийском море через Хиву к Ташкенту или Решт—Тегеран—Мешхед—Самарканд), то русские имели бы круговую дорогу: Москва, Владикавказ, Тавриз, Тегеран, Ташкент, Верный, Семипалатинск, Екатеринбург, Москва, политическое и коммерческое значение которой и влияние на укрепление могущества России в Азии едва ли может быть в достаточной степени оценено.

Эта европейско-азиатская круговая дорога протяжением от 1200 до 1400 географических миль (8400—9800 верст), четвертая часть которой теперь уже построена, охватила бы всю степную область Арало-Каспийской низменности. Москва и Ташкент, Екатеринбург и Тегеран лежали бы на ней почти один против другого в конечных точках диаметров (длиною каждый по 450 геогр. миль), делящих всю область на 4, приблизительно равных, четверти окружности, около 300 миль каждая. К ней могли бы примкнуть снаружи и изнутри



в радиальных направлениях боковые ветви, как притоки к главной реке.

Ни в какой иной местности земного шара естественные условия не указывают в такой степени сами собою на необходимость подобной кольцевой дороги. Никакое иное пересечение степей и пустынь Арало-Каспийской низины не будет, по моему мнению, верным решением задачи устройства путей сообщения в этих странах ни в техническом, ни в политическом отношении. Верным решением будет лишь опоясывание этих стран круговою дорогою, к которой примкнут радиально исходящие боковые линии.

К главным станциям юго-восточного полукруга этой будущей линии подходят все внутренне-азиатские караванные дороги и пути сообщения, воротами которых на Иртыш, Или и Сыр-Дарью уже завладел казак, а в северо-западном полукруге уже протянулись линии от Оренбурга, Саратова и Царицына, как пальцы руки, ладонь которой лежит в Москве. Вряд ли можно сомневаться в том, что возведение этой круговой дороги неоспоримо должно отдать в руки России монополию внутренне-азиатской торговли и упрочить полное ее господство в Азии.

Нет надобности доказывать, какое чрезвычайное стратегическое значение имела бы для России такая поясная дорога в смысле передвижения ее войск в тех или иных направлениях к угрожаемым пограничным пунктам и в смысле подачи туда войсковых частей в любое время из середины государства или

с Кавказа. Русские могли бы в таком случае спокойно ожидать того времени, когда будут закончены мировые линии, которые, начинаясь с одной стороны у Тихого океана близ Шанхая, а с другой у устьев Ганга, пройдут через весь Китай и Индию и сойдутся в центре Европы. Обе линии должны примыкать, как касательные, к русской окружной дороге и пробегать по ней на некотором протяжении. Точкою соприкосновения для северной касательной мог бы быть Семипалатинск, для южной — протяжения между Пешавером и Балхом и между Шикарпуром и Мешхедом. Юго-восточный полукруг этой поясной дороги получил бы в этом случае значение соединительного звена, идущего с севера на юг между будущими китайско-европейскими и индо-европейскими транзитными линиями.

Что русская политика в Азии преследует цели, которые могут и должны привести эти идеи к осуществлению — это ясно всякому, кто внимательно, с картою в руках, следит за событиями.

Шаг за шагом, не производя большого шума, Россия, стремившаяся прежде к Черному морю и Босфору, повернула боевую линию своей политики, т. е. свои стратегические наступательные дороги, на восток. На европейской линии Россия встретила с солидарными интересами европейской политики самосохранения. Все ее стремления достигнуть Константинополя, все войны на Дунае и Балканах остались бесплодными усилиями. Крымская война уничтожила планы императора Николая относительно господства над странами, прилегающими к Черному морю. Но зато место этих планов занял другой план, план несравненно большего значения, при осуществлении которого совокупное противодействие Европы как бы исключается — план овладения странами и пограничными областями Арало-Каспийской низменности. Первый шаг к этому был сделан покорением Кавказа, второй — победоносным шествием русского оружия в Средней Азии, т. е. в Туркестане и Джунгарии.

Русское владычество простерлось от Поти на Черном море до огнятой у Китая Или-Кульджи, от отрогов Кавказа до отрогов Тянь-Шаня, и северный колосс с неодолимой силой напирал на юг посредством своих кавказских и среднеазиатских линий, угрожая на западе Турции, в среди-

не — Персии, на востоке — средне-азиатским ханствам, будучи всегда готовым посредством нового смелого удара выдвинуть вперед свою южную границу по направлению к обветшавшим в своих основах, стареющим исламским государствам. Кто же будет в состоянии остановить это почти с стихийною силою совершающееся наступление?!

Ни османское, ни персидское царства, ни даже оба вместе не достаточно сильны, чтобы противостоять опасности. Существует лишь одна сила, могущая прямо и косвенно противодействовать России и долженствующая ради своих собственных интересов остановить ее в стремлении на юг — это Англия. Давно уже британский лев, показавший русскому медведю в Крымской войне свои острые зубы и пребывающий с тех пор в покое, оставил своему сопернику дальнейшее поле действия на восток. Уже давно русское и английское влияния борются между собой лишь дипломатическими путями на пространстве между Каспийскою впадиной и Персидским заливом. Если не все признаки обманывают, то дело идет к борьбе. Каждый дальнейший шаг к югу со стороны России, будь он направлен против персидского Азербайджана или против Бухары, должен найти и найдет Англию готовою к противодействию.

Теперь, когда русские уже укрепились в долине Атрека, кажется, поздно оспаривать у них власть над областями, примыкающими к южному берегу Каспийского моря; но на Персидском заливе, Ормузском проливе, Аравийском море и Индийском океане Англия сумеет сохранить свою власть столь же безусловно, как в Средиземном море и Баб-эль-Мандебском проливе. Первым подтверждением этому будет вступление англичан в Белуджистан и занятие Келата—мера, которая, кажется, уже готовится и которая под предлогом ограждения британской Индии от нападений хищнических племен будет направлена в действительности не против непокорного хана, а против России.

Англия вступила в борьбу для того, чтобы в виду России установить свое могущество в Азии на более широких и верных основах. Столкновение двух могущественнейших государств, способное потрясти целый мир, надвигается с севера и юга над





Среднею Азией, как страшная грозовая туча. Но, может быть, мы доживем еще (надеемся, по крайней мере, на это) и до того времени, когда увидим, что вместо борьбы на жизнь и смерть тучи рассеются, и Англия в союзе с Россией будут приводить в исполнение их исторически мировую миссию поднятия испорченных деспотизмом и погрязших в суеверии восточных народов и призвания к новой жизни исповедывающих ислам государств — миссию, которую Англия уже выполнила в соседней Индии способом, столь достойным удивления, а Россия начала с такими надеждами на успех в Средней Азии.

Азия все-таки еще достаточно обширна для честолюбия, интересов и влияния обоих великих государств, и если Россия и Англия разрешат восточный вопрос на азиатской почве, то сам собою развяжется и европей-

ский гордиев узел, и притом таким способом, при котором будут приняты в соображение интересы и тех средне-европейских государств, которые находятся вдали от средне-азиатской арены.

Но тогда наступит время, когда не только русская круговая дорога, но и английская Евфратская и международная Европейско-Индийская транзитная линии свяжут Азию с Европой».

Таким образом то, что предполагается и совершается в наши дни по вопросу о железных дорогах в Средней и Малой Азии, было предвидено 24 года тому назад. Предсказание это — вывод геолого-географа, но ему повинуются все, имеющие силу, как бы увлекаемые роком.

**(Железнодорожное дело. — 1900. — № 13. — С. 137–138)
Из фондов Научно-технической библиотеки МИИТ ●**

Ключевые слова: история, Средняя Азия, железные дороги, Ф. Хохштеттер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hochstetter, F. V. Asien, seine Zukunftsbahnen und seine Kohlenschätze: Eine geographische Studie: mit 1 Karte / von Ferdinand von Hochstetter, F. V. Hochstetter. —

Alfred Holder K. K. Hof- und Universitäts-Buchhandler, 1876. — Lang: ger.

Редакция благодарит сотрудников НТБ МИИТ за оказанное содействие в подготовке материала.

RAILWAY ISSUE OF CENTRAL ASIA AND MINOR ASIA

ABSTRACT

The article that follows is reproduced from the journal Railway Affairs of 1900. The unknown author of the article written in the period of intensive construction of railways in Central Asia desired to show the prehistory of the topic and made a review of a work «Asien: seine Zukunftsbahnen und Kohlenschätze» written by Christian Gottlieb Ferdinand Ritter von Hochstetter (April 30, 1829 – July 18, 1884), a prominent German geologist and published in Wien in 1876, concerning the issues of construction of railways in the regions of Central Asia and Asia Minor.

Central Asian railroads. If some other projects should have also been realized (Semipalatinsk – Tashkent – Samarkand; Caucasian – Persian railway to Teheran; from Teheran via Meshed and Balkh or via Meshed, Merw [now Mary – ed.note] and Bukhara to Samarkand and Tashkent) then Russia would have had a round railway: Moscow, Vladikavkaz, Tabriz, Tashkent, Verny [Bishkek], Semipalatinsk, Ekaterinburg, Moscow of greatest political and commercial importance. That European and Asian round railroad would have had a length of 1200–1400 geographic miles (a fourth part of it had already been built). And it could have the external and internal radial branches as tributaries of a great river. Any other location in the world so clearly predetermines a necessity of a round rail system.

ENGLISH SUMMARY

Von Hochstetter argued that Siberian-Central Asian railway passing by Dzungaria to main city of Turkestan had more importance than any other

Key words: history, railways, Central Asia, F. von Hochstetter.

REFERENCES

1. Railway Affairs [*Zheleznodorozhnoe delo*], 1900, Iss.13, pp.137–138.
2. Hochstetter, F. V. Asien, seine Zukunftsbahnen und seine Kohlenschätze: Eine geographische Studie: mit 1

Karte / von Ferdinand von Hochstetter, F. V. Hochstetter. — Alfred Holder K. K. Hof- und Universitäts-Buchhandler, 1876. — Lang: ger.

The material for the article is reproduced from the journal Railway Affairs of 1900 from the collection of the Scientific and technical library of MIIT University. Our Journal expresses sincere gratitude to the staff of the Library for their kind cooperation in preparing of the article.

T

ПАССАЖИРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ 186

Продажа билетов и продажа услуг – это «две большие разницы».



АВТОРЕФЕРАТЫ 191

- Методология усиления провозной способности.
- Методы управления перевозочным процессом.
- Эффективность грузового парка.
- Динамические нагрузки в тяговых приводах электровозов.
- Конструкции рельсов и их стыковых соединений.
- Развитие железных дорог Китая.

НОВЫЕ КНИГИ 193

Литература о транспорте: свои издания предлагает не только столица.

PASSENGER TRAFFIC 186

There is a great difference between ticket selling and service selling.

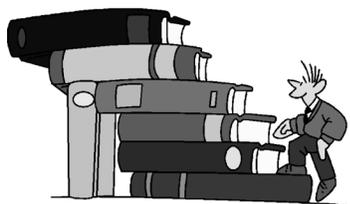
SELECTED ABSTRACTS OF D.SC. AND PH.D. THESES 191

- Methodology of growth of traffic capacity.
- Methods of traffic process management.
- Efficiency of freight rolling stock.
- Dynamics loads of traction gears of electric locomotives.
- Design of rails and their edge joints.
- Development of Chinese railways.

NEW BOOKS 193

Transport literature: publications in capital and regions.

КНИЖНАЯ ЛОЦИЯ • BIBLIO-DIRECTIONS





Принципы сохраняются – средства меняются



**Горин В. С., Махарев Э. И.,
Персианов В. А., Степанов А. А.,
Суриков Р. Т. Продажа услуг:
пассажирский транспорт: Учебное
пособие. – М.: Студент, 2014. – 423 с.**

Предназначенная в первую очередь студентам высших учебных заведений, эта книга содержит основополагающие и систематизированные материалы по проблемам организации продаж услуг и управления рынком пассажирских перевозок.

В ней представлены все виды наземного, воздушного и водного транспорта, и их коммерческая деятельность рассматривается в контексте сетевых электронных коммуникаций, многоаспектной конкурентной среды, маркетинговых технологий. Структура учебного пособия отвечает программным направлениям курса «Менеджмент» (бакалавриат), включает контрольные вопросы по каждой из одиннадцати глав, таблицы и иллюстрации, помогающие раскрытию темы. Важное место отведено авторами нормативно-правовому (в том числе международному) обеспечению отношений продавцов и потребителей транспортных услуг, клиентоориентированности в политике пассажирских компаний.

Ключевые слова: пассажирский транспорт, продажа услуг, менеджмент, маркетинг, тарифы, электронная коммерция, электронные платежи, рынок, конкуренция, высшая школа, бакалавриат, учебная программа.

У любого преподавателя всегда есть свой взгляд на предмет, учебные дисциплины, задачи и особенности образовательных технологий. И появление нового учебника, пособия – это, естественно, лишний повод, чтобы снова перепроверить уже занятые ранее позиции, найти согласие/несогласие с какими-то актуальными мыслями коллег. С этой точки зрения оценивая вышедшую работу коллектива авторов, рецензент не может не заметить прежде всего подчеркнута современную трактовку в общем-то стародавней проблематики: система продажи билетов пассажирам, определенные отношения владельца транспорта и «седока» существуют не первый век. Но тем не менее явно иной теперь перед нами рынок услуг, иная авиационная, автомобильная, железнодорожная, судовая техника, иные скорости перемещения по континентам, иной кассовый и вокзальный антураж!

То есть я о том, что очень важно совпасть со временем, «попасть в тональность». Когда это чувствуется, проще увидеть и остальные достоинства обучающей книги, вывести их из тени.

Одним из несомненных достоинств учебного пособия является, в частности, изменение подхода к трактовке основных понятий, характеризующих предмет изучения, а именно, систему продажи услуг на рынке пассажирских перевозок.

Термин «продажа услуг» предлагается употреблять вместо термина «продажа билетов», подразумевая под ним отдельный вид работы. Корректировка мне представляется грамотной и правомерной, поскольку продажа билетов – это статья расходов, включающая в себя лишь затраты на краску, бумагу для билетов, заработную плату

кассиров и т. п. И уж как минимум продажа услуг — не одна рабочая операция, предполагаемая в буквальном понимании под «продажей билетов».

Рассмотрение продажи услуг пассажирского транспорта как системы, представляющей собой совокупность неких направлений деятельности, подчиненных единой экономической стратегии (рыночной философии), финансовым правилам, а также компьютерного и другого аппаратного обеспечения, операционных процессов, действий персонала, прочих ресурсов и связей между ними, отражает комплексный подход к оценке столь многофакторного явления.

Вопросы продажи услуг пассажирского транспорта показаны в книге с учетом организационно-функционального, нормативно-правового, информационного, документального, автоматизирующего аспектов. Причем каждый из них подразумевает свои повороты и нюансы.

Так, например, нормативно-правовое обеспечение продажи услуг пассажирского транспорта, помимо характеристики основных понятий, раскрывающих на федеральном уровне смысл и потребительскую ценность данного вида работ, представлено в учебном пособии материалом о регулировании услуг на национальном уровне и его подкреплении международными договорами Российской Федерации, внутренними нормативными документами, связанными с деятельностью пассажирского автомобильного и наземного электрического, а также железнодорожного, воздушного, морского, внутреннего водного транспорта.

Информационное обеспечение продажи услуг пассажирского транспорта предполагает двусторонний процесс. С одной стороны, его задача — знакомить с действующими нормами и правилами потребителя, с другой — продавца, а вместе с тем — гарантировать определенный баланс в информационном пространстве в строгом соответствии с Конституцией Российской Федерации, федеральным законодательством и ведомственными нормативными актами. Доступ к информации — обязательное условие деятельности сферы услуг.

Особое место в учебном пособии отведено главам, раскрывающим основы элек-

тронной коммерции и электронных платежей при продаже услуг пассажирского транспорта, поддержания безопасности во всех сопутствующих им процессах.

Присутствие таких вопросов, как разнообразие и особенности построения тарифов на перевозку пассажиров, условия их применения на различных видах транспорта, подтверждает несомненную пользу учебного материала не только для изучающих менеджмент, но и для студентов, аспирантов экономических специальностей вузов.

Видовые особенности и приоритетные направления развития пассажирского транспорта общего пользования, перспективы отраслевых трансформаций, изложенные в соответствующих разделах, оказывают и будут оказывать влияние на состояние и параметры конкуренции отдельных его видов, а в дальнейшем и в целом на конкурентоспособность транспортных услуг по перевозке пассажиров как фактор социальной мобильности населения, регионального экономического роста.

В современных условиях борьбы за клиента пассажирские компании отдельных видов транспорта при осуществлении продажи своих услуг первоочередной задачей должны ставить не просто получение максимальной прибыли, а удовлетворение запросов пассажиров в предоставлении перевозки надлежащего качества. Пассажирские компании обязаны предоставлять смешанные перевозки там, где подобного рода услуга востребована потребителем, то есть совмещать перевозки различными видами транспорта, согласовывая при этом расписание движения автобусов с расписанием движения поездов, доставлять пассажиров в аэропорты железнодорожным, автомобильным видами транспорта, поскольку конкуренция в сфере пассажирских перевозок — это не только борьба за пассажира, но и процесс взаимодействия, взаимосвязи игроков на рынке.

При этом на первый план выходит принцип клиентоориентированности в работе компаний, предоставляющих услуги на рынке пассажирских перевозок. Поэтому проблема продажи услуг пассажирского транспорта значительно шире ответов





на вопросы, что, где, когда и как продавать.

Очевидный отправной момент: необходимость потенциального пассажира куда-либо ехать изначально определяется причиной поездки, выраженной в ее цели. Значит, исследование целей ожидаемой поездки позволит любой транспортной компании выявлять целевые группы пассажиров, предлагать соответствующие услуги и формировать политику ценообразования таким образом, чтобы это максимально устраивало всех субъектов перевозочного процесса, и как результат составлять достойную конкуренцию компаниям на рынке предоставления услуг населению.

Оценка конкурентного положения на рынке является первоначальным этапом в определении конкурентоспособности компании и перманентной разработке мер по удержанию и развитию конкурентных преимуществ. За этим – способность противостоять соперникам, оказывающим аналогичные виды услуг на рынке транспортных услуг населению; предоставлять услуги требуемого качества, удовлетворяющие платежеспособный спрос пассажиров; эффективно использовать производственный, трудовой, сбытовой, финансовый, управленческий и другие виды потенциала.

Для транспортной компании недостаточно производить услуги, удовлетворяющие определенным потребностям пассажиров определенного вида транспорта. Нужно уметь оценить степень охвата транспортного рынка; соответствие установленных цен на перевозку пассажиров не только собственной внутренней политике, но и отдельному сегменту рынка, на котором предоставляются услуги, ожиданиям пассажиров; убедиться в эффективности мероприятий по продвижению транспортных услуг на рынке пассажирских перевозок.

В нынешних условиях, например, при различных вариантах покупки билета компания по перевозке пассажиров должна использовать в своей работе современные способы размещения заказа и доставки билета пассажиру. Причем стоит помнить, что новые способы продажи билетов рассчитаны не на все сегменты рынка пассажирских перевозок. Так, для сегмента

с доходом ниже среднего, а также пенсионеров и социально-незащищенной категории граждан стимулированием спроса и продвижения транспортных услуг является открытие билетных касс во все большем количестве населенных пунктов. Неценовые методы стимулирования реализуются через рекламу (в прессе, печатную, наружную, экранную, на радио и телевидении, сувенирной продукции), за счет доступности пунктов продажи билетов (кассы и сервис-центры, новые формы приобретения билетов).

Поэтому конкурентоспособность компании, включающая в себя маркетинговую деятельность по предоставлению услуг населению, тарифную политику, стимулирование спроса и каналы распределения, касается всех вопросов, связанных с продажей услуг, и достаточно разносторонне представлена в учебном пособии. При этом выделены наиболее известные рычаги воздействия при управлении конкурентоспособностью на рынке пассажирских перевозок: фактор лояльности, стимулирование спроса, совершенствование маркетинговой политики, осуществление рекламной деятельности, сегментация рынка транспортных услуг населению, использование гибкой тарифной политики, предоставление льгот. Большинство из них фигурирует в главе книги, посвященной управлению продажей услуг пассажирского транспорта.

Безусловно, проблематика продажи услуг в сфере пассажирских перевозок требует применения системного подхода. Ведь речь идет о реальной услуге, обладающей определенными свойствами и характеристиками, ни при каких обстоятельствах не могущей вводить покупателя в заблуждение относительно ожидающего его качества работ.

Концептуальные основы информационно-справочного обеспечения продажи услуг пассажирского транспорта, ее документальное оформление, включая справки по расписанию и наличию мест, тарифам при бронировании и продаже услуг и т. д., представлены в рецензируемом учебном пособии в достаточно полном объеме и лишь подтверждают четкую структурированность, логическую выверенность материала.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Менеджмент» (квалификация (степень) «бакалавр»), но может быть полезно и при подготовке магистров и аспирантов, а также работникам всех видов транспорта, занимающихся коммерче-

ской деятельностью и повышением своей квалификации.

Ирина РАХИМЯНОВА,
кандидат экономических наук, доцент
кафедры «Экономика и управление
на транспорте» Московского
государственного университета путей
сообщения (МИИТ), Москва, Россия ●

THE TOOLS ARE CHANGING, WHILE FUNDAMENTALS ARE UNCHANGEABLE

Rakhimyanova, Irina A. – Ph.D. (Economics), associate professor at the department of transport economics and management of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

THE REVIEW OF THE BOOK:

Gorin, B.S., Makharev, E.I., Persianov, V.A., Stepanov, A.A., Surikov, R. T. Sales of services: passenger transport. Educational guide. Moscow, Student publ., 2014, 423 p.

ABSTRACT OF THE TEXTBOOK. The educational guide presents fundamentals of sales of passenger transport services on the basis of modern methods of organization and management, system of transportation documentation, automated systems of booking and mutual payments. The state of transport complex of Russia, nature and characteristics of production of passenger transport, types of sale's guarantee are described. Much attention is paid to forms of electronic tickets and electronic multi-documents, e-document execution of selling services and e-commerce.

General framework for each section is accompanied by explanations of specifics, taking into account the specifics of a particular mode of transport, as well as examples of numerous practices, test questions and references.

For students of higher education institutions enrolled in the program of training of specialists in management (qualification «bachelor»). It may be useful for preparation of Masters and Ph.D. students, and employees of all modes of transport in their business activity and professional development.

ABSTRACT OF THE REVIEW. Designed primarily for students of higher education institutions, this book contains fundamental and systematic materials on the organization of sale of services and management of passenger transportation market. It presents all types of land, air and water transport, and their commercial activities are considered in the context of network electronic communications, multidimensional competitive environment, marketing technologies. The structure of the educational guide meets program directions of the course «Management» (bachelor degree course), includes test questions for each of eleven chapters, tables and illustrations that help the disclosure of the topic. An important place is given by the authors to regulatory (including international) security of vendors and users of transport services relations, customer focus in politics of passenger companies.

ENGLISH SUMMARY OF THE REVIEW. Any teacher always has his own view on the subject, academic disciplines, aims and features of educational technologies. And appearance of a new textbook, educational guide is, of course, another reason to check back again already occupied positions, find agreement / disagreement with some relevant thoughts of colleagues. From this perspective, assessing this published work of a group of authors,

a reviewer cannot help noticing primarily pointedly modern interpretation of age-old issues: ticketing system for passengers, certain relationship of transport owner and «rider» exists for a long time. But nevertheless now we see clearly different services market, other aircraft, automotive, railway, marine vehicles, and other movement speed across continents, other entourage of ticket offices and a railway station!

I mean that it is very important to coincide with time, to «get to the tone». When it feels, it is easier to see remaining advantages of the training book, bring them out of the shadows.

One of the obvious advantages of the educational guide is, in particular, a change of approach to the interpretation of the basic concepts that characterize the object of study, namely, a system of selling services at the passenger transportation market.

The term «sale of services» is offered to be used instead of «sale of tickets», implying a separate type of work. Adjustment seems competent and legitimate to me, since sale of tickets is also a cost item, including costs on paint, paper for tickets, wage of cashiers, etc. And it is not at least one working operation, if one takes the word «sale of tickets» literally.

Consideration of sale of passenger transport services as a system, which is a collection of some activities, dependent from a unified economic strategy (market philosophy), financial rules, as well as computer and other hardware, operating processes, personnel actions, other resources and links between them, reflects a comprehensive approach to evaluation of such a multifactorial phenomenon.

Issues of sale of passenger transport services are shown in the book with account of organizational and functional, legal, informational, documentary, automating aspects. Each of them involves its own nuance and inflection.

For example, regulatory support of sale of passenger transport services, in addition to the characteristics of the basic concepts, revealing at the federal level meaning and customer value of this type of work is presented in this educational guide as material on regulation of services at the national level and its reinforcement by international treaties of the Russian Federation, internal regulatory documents related to the activities of passenger, automotive and land electrical, as well as rail, air, sea, inland waterway modes of transport.

Information support of sales of passenger transport services is a two-way process. On the one hand, its task is to familiarize a consumer with applicable rules and regulations, on the other – a seller, and at the same time – to ensure a balance in





the information space in strict accordance with the Constitution of the Russian Federation, federal laws and departmental regulations. Access to information is a prerequisite of service activities.

A special place in the educational guide is devoted to chapters, revealing foundations of e-commerce and e-payments in sale of passenger transport services, maintenance of security in all processes related to them.

Consideration of issues such as diversity and design features of tariffs for passenger transportation and their application on various modes of transport, confirms an obvious benefit of educational material, not only for students of management specialty, but also for students, Ph.D. students of economic specialties.

Characteristics and priorities for the development of public transport, prospects for industry transformation, as set out in the relevant sections, have and will have an influence on the state and the parameters of competition of some of its types, and in the future as a whole on the competitiveness of transport services for passenger transportation as a factor of social mobility of the population, regional economic growth.

In the present conditions of the struggle for the client passenger companies of individual modes of transport when carrying out sale of their services should set as a priority not just maximization of profits, but satisfaction of passengers' demands in providing transportation of good quality. Passenger companies are required to provide multimodal transportation where this kind of service is in demand by the consumer, i. e. to combine transportation of different modes of transport, coordinating bus schedule with the train schedule, to deliver passengers to airports by rail, automotive modes of transport, as competition in passenger transportation sector is not only a struggle for a passenger, but also a process of interaction, relationship of players at the market.

The principle of client focus of companies, rendering services at the passenger transportation market, steps forward. Therefore the problem of sale of passenger transport services is much broader than answers to the questions, what, where, when and how to sell.

An obvious starting point: the need of a potential passenger to go somewhere is initially determined by the reason for trip, expressed in its purpose. Hence, the research of objectives of an expected trip will allow any transport company to identify target groups of passengers, to offer appropriate services and to create a pricing policy so that it suits all subjects of the transportation process, and as a result to compete with companies at the market for public services.

Assessment of a competitive situation at the market is an initial step in determining competitiveness of a company and development of permanent measures to retain and develop competitive advantages. For this – the ability to withstand competitors providing similar services at the market of transport services for the public; to provide services of the required quality, meeting effective demand of passengers; to use production, labor, marketing, financial, administrative and other capacities effectively.

Keywords: passenger transport, sale of services, management, marketing, tariffs, e-commerce, e-payments, market, competition, higher school, bachelor degree course, education program.

For a transport company it is insufficient to render services that meet specific needs of passengers of a particular mode of transport. You must be able to assess the degree of transport market coverage; compliance of established prices for passenger transportation not only with its own internal politics, but also a separate segment of the market in which services are provided, expectations of passengers; ensure the effectiveness of measures to promote transport services at the passenger transportation market.

In the current context, for example, in various versions of ticket's purchase a passenger transportation company must use in its work, modern methods of placing the order and delivery of a ticket to a passenger. And it is worth remembering that new ways of selling tickets are designed not for all segments of passenger transportation market. Thus, for a segment of lower middle income, as well as pensioners and vulnerable categories of citizens demand stimulation and promotion of transport services is the opening of ticket offices in a growing number of settlements. Non-price incentives are implemented through advertising (in press, printed, outdoor, screen, radio and television, souvenirs), due to availability of points of ticket sale (ticket offices and service centers, new forms of ticket purchase).

Therefore, the competitiveness of companies, which includes marketing activities to provide services to the population, tariff policy, demand stimulation and channels of distribution, covers all issues related to the sale of services and is widely presented in the educational guide. The most famous actuators in managing the competitiveness at the passenger transportation market are highlighted: loyalty factor, demand stimulation, improvement of marketing policy, implementation of promotional activities, segmentation of transport services market, use of a flexible tariff policy, provision of benefits. Most of them appear in the chapter on managing the sale of passenger transport services.

Of course, the problems of sale of services in the field of passenger transportation requires a systematic approach. We are talking about a real service that has certain properties and characteristics, under no circumstances should it be able to mislead consumers about the expected quality of work.

Conceptual foundations of information and reference support of sales of passenger transport services, documentation, including references on the schedule and seats availability, rates when booking and selling services, etc., are presented in a peer-reviewed educational guide in quite fully and only confirms the clear structuring, logical structure of the material.

The educational guide is designed for students of higher education institutions, of the field of training «Management» (qualification (degree) «Bachelor»), but it may also be useful for training of Master's and Ph.D. degree students, as well as employees of all modes of transport engaged in commercial activities and increase of their qualifications.

Координаты автора (contact information): Рахимянова И. А. (Rakhimyanova, I.A.) – avirene@yandex.ru.

АВТОРЕФЕРАТЫ ДИССЕРТАЦИЙ

*Научные работы защищены
в Московском государственном
университете путей сообщения*

Железнов Д. В. Методология усиления провозной способности железных дорог России в условиях реформы отрасли/Автореф. дис... док. техн. наук. — М., 2014. — 48 с.

Актуальность исследования заключается в комплексном рассмотрении на основе системного анализа проблем эксплуатационной деятельности при проведении реформы железных дорог и, в частности, с момента появления в стране полностью приватного вагонного парка. Теоретически обоснованы принципы построения, функционирования и развития системы управления, необходимой для сложившихся условий и решения востребованных временем задач. Выявлены основные причины исчерпанности наличной пропускной способности на отдельных направлениях сети и предложены новые подходы к планированию грузоперевозок, управлению вагонными парками, распределению погрузочных ресурсов, технической модернизации железнодорожной сети, организации пропуска поездов в период «окон», мониторинга дислокации составов на диспетчерских участках, определению межпоездного интервала при координатном регулировании движения поездов.

Шенфельд К. П. Развитие методов управления перевозочным процессом в условиях рыночной экономики и реформирования железнодорожного транспорта/ Автореф. дис... док. техн. наук. — М., 2014. — 48 с.

В диссертации обосновано введение в практику планирования и оценки работы железных дорог нового комплексного показателя качества перевозочного процесса «скорость продвижения вагонов», особо актуального для железнодорожного транспорта общего пользования при работе с приватным вагонным парком. Предложено определять качественные нормативы месячного технического плана эксплуата-

ционной работы с использованием методики «норма—право», позволяющей четко ранжировать региональные дирекции движения, повышать мотивацию персонала при выполнении плановых заданий. Установлено наличие фактора неодинакового времени следования отправок по одним и тем же маршрутам, учет которого помогает реализации соответствующих заявок, а также названы меры к изменению негативной тенденции — снижения доли освоения прироста перевозок на фоне увеличения массы и длины грузовых поездов. Предложена концентрация руководства перевозками за счет рационального количества структур в вертикально интегрированной центральной дирекции управления движением.

Аникеева-Науменко Л. О. Методы повышения эффективности использования вагонов грузового парка на железнодорожном транспорте/Автореф. дис... канд. экон. наук. — М., 2014. — 24 с.

Автором предложены вариативный подход к оценке экономической эффективности маршрутизации перевозок в зависимости от принадлежности вагонов и локомотивов и возникающих при этом экономических отношений и интегральный подход к такой же оценке применения технологий модификации грузовых вагонов с учетом разных их типов. Обоснованы источники формирования затрат и результатов у оператора, перевозчика и владельца инфраструктуры, а вместе с ними наличие внетранспортного эффекта от мероприятий по повышению качества использования вагонного парка. Разработан механизм, позволяющий определять эффективность вкладываемых усилий и затрат как с точки зрения субъектов рынка грузовых перевозок, так и экономики в целом.

Вахромеева Т. О. Снижение динамических нагрузок в тяговых приводах электровозов с рамным подвешиванием тяговых двигателей и карданными муфтами/ Автореф. дис... канд. техн. наук. — М., 2014. — 24 с.

Диссертационное исследование дало возможность установить, что компоновочные схемы и конструкции опорных элементов тяговых двигателей



и моторно-редукторных блоков (МРБ) на рамах тележек локомотивов не соответствуют применяемым расчетным кинематическим схемам, в результате чего появляется фактическая статистическая неопределенность в нагрузках опорных элементов. На базе натурных экспериментов создана расчетная конечно-элементная модель подрессорной части моторной тележки локомотива, учитывающая упругие и диссипативные свойства элементов конструкций. Получена аналитическая зависимость координат мест расположения опор от координат центра масс двигателя и МРБ. Сформулировано требование к конструкции карданной тяговой муфты, устраняющее появление вибрационных нагрузок.

Воронина О. Н. Развитие конструкций железнодорожных рельсов, их стыковых соединений и технологий обработки/ Автореф. дис... канд. техн. наук. – М., 2014. – 24 с.

Проведен комплексный историко-технический анализ и воссоздана целостная картина развития процессов конструктивных изменений рельсов, их стыковых соединений, применявшихся технологических решений. Установлена периодизация изменений в конструкциях колеиных дорог, геометрии профиля рельса, систематизированы технологии совершенствования химического состава и методов термической обработки

рельсов, классифицированы способы стыковых соединений, обоснована перспективность и возможность сварки рельсов в зимний период алюминотермитным способом, определены перечень дополнительного оборудования и условия реализации прогрессивной технологии.

Су Да. Особенности развития железных дорог Китая и армогрунтовых удерживающих сооружений земляного полотна/ Автореф. дис... канд. техн. наук. – М., 2014. – 23 с.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что автор ввел в оборот новые, ранее не использовавшиеся документальные источники по истории китайских железных дорог, уточнил периодизацию развития в КНР железнодорожного транспорта в части обоснования еще одного – пятого этапа, выявил особенности территориального распространения сети по критерию ступенчатого районирования и с учетом уточненной периодизации, тем самым воссоздав целостную историческую картину формирования ведущей транспортной отрасли. Одновременно диссертантом определены качественные трансформации принципов проектирования поддерживающих и удерживающих сооружений высоких железнодорожных насыпей, разработан метод расчета поперечных горизонтальных деформаций армогрунтовых удерживающих конструкций. ●

SELECTED ABSTRACTS OF D.SC. AND PH.D. THESES PRESENTED IN MOSCOW STATE UNIVERSITY OF RAILWAY ENGINEERING (MIIT)

Zheleznov, D. V. Methodology of increasing of traffic capacity of railways in Russia under the conditions of railway sector transformation. Abstract of D. Sc. (Tech) thesis. Moscow, 2014, 48 p.

Shenfeld, C. P. Development of the methods of management of traffic process under the conditions of market-type economics and railway sector transformation. Abstract of D. Sc. (Tech) thesis. Moscow, 2014, 48 p.

Anikeeva-Naumenko, L. O. Methods of increasing of efficiency of the use of the freight cars of railways. Abstract of Ph.D. (Economics) thesis. Moscow, 2014, 24 p.

Vakhromeeva, T. O. Reducing of dynamic loading in traction gears of electric locomotives with frame springing of traction engines and cardan coupling. Abstract of Ph.D. (Tech) thesis. Moscow, 2014, 24 p.

Woronina, O. N. Development of design of rails, their edge joints and technology of treatment there-of. Abstract of Ph.D. (Tech) thesis. Moscow, 2014, 24 p.

Su Da. Features of development of Chinese railways and of holding installations of subgrades made of reinforced ground. Abstract of Ph.D. (Tech) thesis. Moscow, 2014, 23 p.

НОВЫЕ КНИГИ О ТРАНСПОРТЕ

Абраменко Г. В., Краснощеков А. Ю., Краснощеков М. А. Самонаводящая парашютная система – от облика до испытаний. – М.: Оргсервис-2000, 2014. – 294 с.

Агеев Е. В., Севостьянов А. Л., Родионов Ю. В. Проблемы и перспективы развития технической эксплуатации автомобилей: Монография. – Пенза: Пензенский гос. ун-т архитектуры и строительства, 2014. – 199 с.

Аксенов В. А., Леонтьева Л. Д., Голышева Г. В. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при транспортировке опасных грузов на железнодорожном транспорте: учебно-метод. пособие. – М.: МГУПС, 2014. – 202 с.

Александров А. С. Применение теории наследственной ползучести к расчету деформаций при воздействии повторных нагрузок: Монография. – Омск: СибАДИ, 2014. – 151 с.

Алексеев В. В. Противодействие правонарушениям и преступлениям, совершаемым на железнодорожном транспорте и железнодорожных объектах: Монография [Алексеев В. В. и др.]. – М.: Юрлитинформ, 2014. – 452 с.

Апатцев В. И. Железнодорожные станции и узлы: учебник для студентов. – М.: Учеб.-методический центр по образованию на ж-д. транспорте, 2014. – 853 с.

Артамонова Л. Г., Кузнецов А. В., Песецкая Н. Н. Поверочный расчет аэродинамических характеристик самолета: учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2014. – 146 с.

Афанасьев В. Г. Аэрополитика и регулирование международного воздушного транспорта. – М.: Авиашкола Аэрофлота, 2014. – 413 с.

Афанасьев В. Г. Международные организации в сфере гражданской авиации. – М.: МГТУ ГА, 2014. – 21 с.

Афанасьева П. П. Подготовка инженерных кадров для авиационных,

ракетных и ракетно-космических комплексов (состояние и перспективы). – М.: Изд-во МАИ, 2014. – 205 с.

Баженов Ю. В. Основы теории надежности машин: учебное пособие. – М.: Форум, 2014. – 319 с.

Базаева Е. В. Перевозка грузов воздушным транспортом: учебное пособие. – М.: Авиашкола Аэрофлота, 2014. – 359 с.

Башуров Б. П., Носенко Е. С., Починков Р. А. Техническое обслуживание элементов судового движетельного комплекса: учебное пособие. – Новороссийск: ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова, 2014. – 148 с.

Беляев Н. Д., Гарибин П. А. Водные пути и порты: учебное пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 119 с.

Богатырев А. В., Есеновский-Лашков Ю. К., Насоновский М. Л. Автомобили: учебник. – Изд. 3-е, стер. – М.: Инфра-М, 2014. – 653 с.

Болгарчук В. С. Технология морской перевозки генеральных грузов. Общие требования: учебное пособие. – Новороссийск: ГМУ им. Ф. Ф. Ушакова, 2014. – 106 с.

Боровикова М. С. Организация перевозочного процесса на железнодорожном транспорте: учебник. – М.: Автограф, 2014. – 410 с.

Бушуев А. В., Бушуев В. И., Бушуев С. В. Рельсовые цепи: теоретические основы и эксплуатация: Монография. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2014. – 311 с.

Вахидов У. Ш. Улично-дорожная сеть Нижнего Новгорода как среда работы автомобильного транспорта: учебное пособие. – Н. Новгород: НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2014. – 152 с.

Вашенко М. П., Пospelов И. Г. Вычислимые модели и численные методы для анализа тарифной политики железнодорожных грузоперевозок. – М.: Вычисл. центр им. А. А. Дородницына РАН, 2014. – 51 с.

Вильк М. Ф. Современные композиционные материалы для вагоностроения. – М., 2014. – 79 с.



Виноградов В. М., Храмцова О. В. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебное пособие. – М.: Академия, 2014. – 171 с.

Волков В. С. Основы расчёта систем автомобилей, обеспечивающих безопасность движения: учебное пособие. – Воронеж: Воронежская гос. лесо-техн. акад., 2014. – 109 с.

Дорофеев А. А. Основы теории тепловых ракетных двигателей: теория, расчет и проектирование: учебник. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 571 с.

Земенков Ю. Д. Эксплуатация магистральных и технологических нефтегазопроводов. Процессы: учебное пособие. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – 259 с.

Землянский Б. А. Конвективный теплообмен летательных аппаратов. – М.: Физматлит, 2014. – 377 с.

Образцов П. А., Шенгелевич М. Русские гении за рубежом. Зворыкин и Сикорский: биографии изобретателя телевидения и гениаль-

ного авиаконструктора. – М.: Ломоносовъ, 2014. – 235 с.

Олещенко Е. М., Горев А. Э. Грузоведение: учебник. – М.: Академия, 2014. – 284 с.

Перминов А. Е., Бабин С. В. Двигатели и движители самолетов: учебное пособие. – М.: ММТК-строй, 2014. – 87 с.

Скрыпник О. Н. Радионавигационные системы воздушных судов: учебник. – М.: Инфра-М, 2014. – 346 с.

Худяков С. А. Вибрации судовых малооборотных дизелей: Монография. – Новороссийск: ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова, 2014. – 120 с.

Эксплуатация речных портов. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2014. – 23 с.

Эргономика транспортных средств. Эргономические аспекты информационно-управляющей системы транспортного средства. Процедуры определения приоритета сообщений водителю. – М.: Стандартинформ, 2014. – 26 с.

Подготовила Н.ОЛЕЙНИК ●

NEW BOOKS ON TRANSPORT AND TRANSPORTATION

Abramenko, G.V., Krasnoshchekov, A. Ya., Krasnoshchekov, M. A. Targetable parachute system – from appearance to testing [*Samonavodjashhaja parashjutnaja sistema – ot oblika do ispytaniy*]. Moscow, ORGSERVIS-2000 publ., 2014, 294 p.

Afanasyev, V. G. Air politics and regulation of international air transport [*Ajeropolitika i regulirovanie mezhdunarodnogo vozdušnogo transporta*]. Moscow, NOChU SPO «Aviashkola Ajeroflota», 2014, 413 p.

Afanasyev, V. G. International organizations in the field of civil aviation [*Mezhdunarodnye organizacii v sfere grazhdanskoj aviacii*]. Moscow, MSTUCA publ., 2014, 21 p.

Afanasyeva, P. P. Training of engineers for aircraft, rocket, rocket and space complexes (state and prospects) [*Podgotovka inzhenernykh kadrov dlja aviacionnykh, raketnykh i raketno-kosmicheskikh kompleksov (sostojanie i perspektivy)*]. Moscow, MAI publ., 2014, 205 p.

Ageev, E. V., Sevostyanov, A. L., Rodionov, Yu. V. Problems and prospects of development of the technical operation of vehicles. Monograph [*Problemy i perspektivy razvitiya tehnichekoj jekspluatatsii avtomobilej. Monografija*]. Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Federal State budget educational institution of higher prof. education «Penza State University of Architecture and Construction» (PGUAS). Penza, Penza State. University of Architecture and Construction, 2014, 199 p.

Aksenov, V.A., Leontieva, L. D. Golsheva, G. V. Safety in emergency situations when transporting dangerous goods in rail transport: study guide [*Bezopasnost' v chrezvychajnykh situacijah pri transportirovke opasnykh грузов na zheleznodorozhnom transporte: uchebno-metodicheskoe posobie*]. Federal Agency for Railway Transport, Federal State budget educational institution of higher prof. education «Moscow State University of

Railway Engineering», Russian Open Transport Academy. Moscow, MIIT publ., 2014, 202 p.

Aleksandrov, A. S. Application of the theory of congenital creeping to deformation calculation when exposed to repeated loads. Monograph [*Primenenie teorii nasledstvennoj polzuchesti k raschetu deformacij pri vozdeystvii povtornyh nagruzok. Monografija*]. Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Federal State budget educational institution of higher prof. education «Siberian State Automobile and Road Academy (SibADI)». Omsk, SibADI publ., 2014, 151 p.

Alekseev, V.V. et al. Countering offenses and crimes committed on the railway transport and railway objects. Monograph [*Protivodejstvie pravonarushenijam i prestuplenijam, sovershaemym na zheleznodorozhnom transporte i zheleznodorozhnyh ob'ektah*]. Moscow, Jurlitinform publ., 2014, 452 p.

Apattsev, V. I. Railway Stations and Junctions: a textbook for students. Ed. by Apattsev, V.I. and Efimenko, Yu. I. [*Zheleznodorozhnye stancii i uzly: uchebnik dlja studentov pod red. V. I. Apatceva i Ju. I. Efimenko*]. (Higher Professional Education. Federal State Educational Standard Series (Textbook for professionals). Moscow, Ucheb. – metodicheskij centr po obrazovaniju nazh. – d. transp. [Training and methodological center of railway education], 2014, 853 p.

Artamonov, L.G., Kuznetsov, A.V., Pesetskaya, N. N. Checking calculation of aerodynamic characteristics of an aircraft: educational guide for students of higher educational institutions of the Russian Federation [*Poverochnyj raschet ajerodinamicheskikh harakteristik samoleta: uchebnoe posobie dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij RF*]. Moscow, MAI publ., 2014, 146 p.

Bashurov, B.P., Nosenko, E.S., Pochinkov, R. A. Maintenance of components of ship motor complex: educational guide [*Tekhnicheskoe obsluzhivanie jelementov sudovogo dvizhetel'nogo kompleksa: uchebnoe posobie*]. Novorossiysk, State Maritime University n. a. F. F. Ushakov, 2014, 148 p.

Bazaeva, E. V. Carriage of cargo by air transport: educational guide [*Perevozka gruzov vozdušnym transportom: uchebnoe posobie*].

Moscow, NOChU SPO «Aviashkola Ajeroflota», 2014, 359 p.

Bazhenov, Yu. V. Fundamentals of reliability theory of machines: a textbook for university students [*Osnovy teorii nadezhnosti mashin: uchebnoe posobie dlja studentov vuzov*]. Moscow, Forum publ., 2014, 319 p.

Belyaev, N.D., Garibin, P. A. Waterways and Ports: educational guide [*Vodnye puti i porty: uchebnoe posobie*]. St. Petersburg, Polytechnic University publ., 2014, 119 p.

Bogatyrev, A.V., Esenovskiy-Lashkov, Yu.K., Nasonovskiy, M. L. Cars: a textbook for students of higher education institutions. 3d edition [*Avtomobili: uchebnik dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij. Izdanie 3-e izd., ster*]. Moscow, INFRA-M publ., 2014, 653 p.

Bolgarchuk, V. S. Sea transportation technology of general cargo. General requirements: educational guide [*Tekhnologija morskoy perevozki general'nyh gruzov. Obshhie trebovaniya: uchebnoe posobie*]. Novorossiysk, State Maritime University n. a. F. F. Ushakov, 2014, 106 p.

Borovikova, M. S. Organization of the transport process in railway transport: a textbook for use in educational institutions implementing programs of vocational secondary education [*Organizacija perevozoch'nogo processa na zheleznodorozhnom transporte: uchebnik dlja ispol'zovaniya v uchebnoy processe obrazovatel'nyh uchrezhdenij, realizujushchih programmy SPO*]. Moscow, Autograph publ., 2014, 410 p.

Bushuev, A.V., Bushuev, V.I., Bushuyev, S. V. Track circuits: theoretical foundations and operation. Monograph [*Rel'sovye cepi: teoreticheskie osnovy i jekspluatacija. Monografija*]. Yekaterinburg, USURT publ., 2014, 311 p.

Dorofeev, A. A. Fundamentals of the theory of thermal rocket engines: theory, calculation and design: textbook for students of higher education institutions. 3rd ed., revised and enl. [*Osnovy teorii teplovyh raketnyh dvigatelej: teorija, raschet i proektirovanie: uchebnik dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij. Izd. 3-e, pererab. i dop.*]. Moscow, MSTU n. a. Bauman publ., 2014, 571 p.

Ergonomics of vehicles. Ergonomic aspects of transport information and control system. Procedures for determining priority





of on-board messages presented to drivers: national standard of the Russian Federation GOST R 55237.1–2012/ISO/TS 16951:2004: official ed. First introduced on 2013–12–01. Federal Agency on technical regulation and metrology; scientific-research center for control and diagnostics of technical systems. Moscow, Standartinform publ., 2014, 26 p.

Khudyakov, S. A. Vibration of marine low speed diesel engines. Monograph [*Vibracii sudovyh malooborotnyh dizelej. Monografija*]. Novorossiysk, State Maritime University n. a. F. F. Ushakov, 2014, 120 p.

Obraztsov, P. A., Shengelevich, M. Russian geniuses abroad. Zworykin and Sikorsky: a biography of the inventor of television and brilliant aircraft designer [*Russkie genii za rubezhom. Zvorykin i Sikorskij: biografii izobretatelja televidenija i genial'nogo aviakonstruktora*]. Moscow, Lomonosov publ., 2014, 235 p.

Oleshchenko, E. M., Gorev, A. E. Cargo handling: textbook for students of higher education institutions [*Gruzovedenie: uchebnik dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij*]. Moscow, Academy publ., 2014, 284 p.

Operation of the river ports. Terms and definitions: national standard of the Russian Federation GOST R 55507–2013: official ed. First introduced on 2014–07–01. Federal Agency on technical regulation and metrology. Moscow, Standartinform publ., 2014, 23 p.

Perminov, A. E., Babin, S. V. Engines and propellers of aircrafts: textbook for students of higher education institutions of the Russian Federation [*Dvigateli i dvizhiteli samoletov: uchebnoe posobie dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij RF*]. Moscow, MMTK-STORY, 2014, 87 p.

Skrypnik, O. N., O. N. Radionavigation systems of aircrafts: textbook for students of higher education institutions [*Radionavigacionnye sistemy vozdushnyh sudov: uchebnik dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij*]. Moscow, INFRA-M, 2014, 346 p.

Vakhidov, U. Sh. Road network of Nizhny Novgorod as a medium of road traffic: textbook for university students [*Ulichno-*

dorozhnaja set' Nizhnego Novgoroda kak sreda raboty avtomobil'nogo transporta: uchebnoe posobie dlja studentov vuzov]. Nizhny Novgorod, NSTU n. a. R. E. Alekseev, 2014, 152 p.

Vashenko, M. P., Pospelov, I. G. Computable models and numerical methods for analysis of tariff policy of rail freight transportation [*Vychislimye modeli i chislennye metody dlja analiza tarifnoj politiki zheleznodorozhnyh gruzoperevozok*]. Moscow, Computing Centre n. a. A. A. Dorodnitsyn of Russian Academy of Sciences (CCAS), 2014, 51 p.

Vilk, M. F. Modern composite materials for car building [*Sovremennye kompozicionnye materialy dlja vagonostroenija*]. Federal state unitary enterprise All-Russian scientific-research Institute of the railroad hygiene of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, Moscow State University of Railway Engineering. Moscow, 2014, 79 p.

Vinogradov, V. M., Khramtsova, O. V. Maintenance and repair of cars: textbook for use in educational institutions implementing programs of vocational secondary education [*Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobilej: uchebnoe posobie dlja ispol'zovanija v uchebnom protsesse obrazovatel'nyh uchrezhdenij, realizujushhih programmy srednego professional'nogo obrazovanija*]. Moscow, Academy publ., 2014, 171 p.

Volkov, V. S. Calculation basics of car systems providing traffic safety: textbook for university students [*Osnovy raschjota sistem avtomobilej, obespechivajushhih bezopasnost' dvizhenija: uchebnoe posobie dlja studentov vuzov*]. Voronezh, Voronezh State Forestry Academy, 2014, 109 p.

Zemenkov, Yu. D. Operation of main and process oil and gas lines. Processes: textbook for students of higher educational institutions [*Jeksploatacija magistral'nyh i tehnologicheskij neftegazoprovodov. Processy: uchebnoe posobie dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij*]. Tyumen, TSOGU, 2014, 259 p.

Zemlyanskiy, B. A. Convective heat transfer of aircrafts [*Konvektivnyj teploobmen letatel'nyh apparatov*]. Moscow, Fizmatlit publ., 2014, 377 p.

List compiled by Natalia OLEYNIK •